



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA ZOOTÉCNICA

**“EVALUACIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES, EN LA
REGIÓN AMAZÓNICA, COMO ALTERNATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE
LA ACTIVIDAD GANADERA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PALORA DEL
INIAP”**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

AUTOR

FERNANDO GEOVANNY TAMAYO PARRA

Riobamba – Ecuador

2015

Este trabajo de titulación fue aprobado por el siguiente Tribunal

Ing. MC. Marcelo Eduardo Moscoso Gómez.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dr. Luis Rafael Fiallos Ortega. PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. MC. Santiago Fahureguy Jiménez Yáñez.

ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN


Riobamba, 11 de Diciembre del 2015.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **Fernando Geovanny Tamayo Parra**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 11 de Diciembre del 2015.



Fernando Geovanny Tamayo Parra

C.I. 160063652-4

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por darme la fuerza en culminar la lucha por lograr mi sueño.

A mi familia por ser el pilar fundamental de este logro.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias por la oportunidad de trabajar con sus técnicos.

A todos aquellos quienes me dieron el aliento para continuar.

DEDICATORIA

Dedicado a todos los campesinos cuyas manos callosas muestran el fruto y el pan que alimenta a mucha gente, buscando en la tierra un mañana diferente, un futuro mejor.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen	v
Abstract	vi
Lista de Cuadros	vii
Lista de Gráficos	viii
Lista de Anexos	ix
 I. <u>INTRODUCCIÓN</u>	 1
II. <u>REVISION DE LITERATURA</u>	4
A. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN AMAZÓNICA ECUATORIANA	4
B. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA	6
C. ALTERNATIVAS SILVOPASTORILES	8
1. <u>Sistema silvopastoril</u>	8
2. <u>Tipos de sistemas silvopastoriles</u>	8
3. <u>Ventajas del sistemas silvopastoril</u>	8
4. <u>Desventajas del sistema silvopastoril</u>	9
D. INTERACCIONES ENTRE COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	9
1. <u>Interacción leñosa perenne –animal</u>	9
a. Regulación del estrés climático	9
b. Sombra y regulación de la temperatura corporal	10
c. Leñosas perennes como recurso alimenticio	10
2. <u>Interacción leñosa perenne – pastura</u>	11
a. Producción de fitomasa	11
b. Calidad nutritiva	11
3. <u>Interacción leñosa perenne – suelo</u>	11
a. Fijación de nitrógeno	11
b. Materia orgánica y reciclaje de nutrimentos	12
c. Control de la erosión	12
4. <u>Interacciones animal – pastura</u>	12
a. Pisoteo efectos sobre las pasturas y leñosas	12
b. Compactación del suelo	13
c. Deposición de excretas	13

E. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES	14
1. <u>Pollalesta discolor (pigui)</u>	14
a. Clasificación científica	14
b. Origen y hábitat	14
c. Descripción	14
2. <u>Swietenia macrophylla (ahuano)</u>	15
a. Clasificación científica	15
b. Origen	15
c. Hábitat	15
d. Descripción	15
F. LEGUMINOSAS LEÑOSAS	16
1. <u>Tithonia diversifolia (Botón de oro)</u>	16
a. Clasificación científica	16
b. Origen	17
c. Descripción	17
d. Usos potenciales	17
e. Características agronómicas.	17
f. Valor bromatológico	18
2. <u>Flemingia macrophylla (flemingia)</u>	18
a. Clasificación científica	18
b. Origen	18
c. Descripción	18
d. Usos potenciales	19
e. Características agronómicas	19
f. Valor bromatológico	19
3. <u>Erythrina schimpffii (eritrina)</u>	20
a. Clasificación científica	20
b. Origen	20
c. Descripción	20
d. Usos potenciales	21
G. CULTIVO TRANSITORIO- <i>Zea mays</i>	21
1. <u>Clasificación científica</u>	21
2. <u>Origen</u>	21
3. <u>Descripción</u>	22

a. Raíz	22
b. Tallo	22
c. Hojas	22
d. Inflorescencia	23
e. Granos	23
4. <u>Usos potenciales</u>	23
5. <u>Características agronómicas</u>	24
6. <u>Valor bromatológico</u>	24
7. <u>Características del híbrido H-553</u>	25
a. Características fisiológicas	25
H. IMPACTO AMBIENTAL	26
I. INDICADORES Y DESCRIPTORES DE SOSTENIBILIDAD	26
1. <u>Variables y funciones involucradas en las definiciones de sostenibilidad</u>	26
2. <u>Utilización de Descriptores e indicadores de sostenibilidad</u>	27
a. Descriptores	27
b. Indicadores	27
III. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	29
A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO	29
B. UNIDADES EXPERIMENTALES	30
C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES	30
1. <u>Materiales</u>	30
2. <u>Equipos</u>	30
3. <u>Instalaciones</u>	31
D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	31
1. <u>Tratamientos</u>	31
2. <u>Diseño experimental</u>	31
E. MEDICIONES EXPERIMENTALES	32
1. <u>Características físicas, químicas y biológicas del suelo</u>	32
2. <u>Forestal y leñoso forrajero</u>	32
3. <u>Cultivo transitorio</u>	33
4. <u>Análisis económico</u>	33
F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA	33
G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	34

1. <u>Manejo específico del experimento</u>	34
H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	34
1. <u>Para la evaluación del efecto de cinco sistemas silvopastoriles, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, se utilizaron las siguientes variables</u>	34
c. Compactación del suelo	34
d. Densidad aparente del suelo	35
e. Fertilidad	35
f. Presencia de lombrices	36
2. <u>Para la evaluación del desempeño de los componentes: forestal, y leñoso forrajero de los sistemas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables</u>	36
a. Altura y diámetro de las forestales	36
b. Altura de las leguminosas leñosas	36
c. Biomasa de la leñosa forrajera	37
d. Valor bromatológico de la leñosa forrajera	37
3. <u>Para determinar el rendimiento del cultivo transitorio se procedió de la siguiente manera</u>	37
4. <u>Para realizar el análisis económico de las alternativas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables</u>	38
a. Uso de mano de obra	38
b. Insumos internos y externos	38
c. Valor de la producción	38
d. Ingresos netos	38
IV. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	39
A. COMPORTAMIENTO QUÍMICO, FÍSICO Y BIOLÓGICO DEL SUELO, DE DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES, EN LA REGIÓN AMAZÓNICA, COMO ALTERNATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA ACTIVIDAD GANADERA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PALORA DEL INIAP	39
1. <u>Características físicas</u>	39
a. Compactación a 0 -20 cm, kgfcm ⁻²	39
b. Densidad final a 0 -20 cm, kgfcm ⁻³	42
2. <u>Características químicas</u>	42

a. Nitrógeno total final 0-20 cm, ppm	44
b. Fosforo asimilable final 0-20 cm, ppm	46
c. Potasio final 0-20 cm, meq 100 ml ⁻¹	46
d. Materia orgánica final 0- 20 cm, %	48
e. pH final 0-20 cm	51
3. <u>Análisis biológico del suelo</u>	53
a. Número de lombrices	53
b. Biomasa de lombrices	55
B. VALOR BROMATOLÓGICO DE LAS LEGUMINOSAS LEÑOSAS	57
1. <u>Materia seca, %</u>	57
2. <u>Proteína cruda, %</u>	59
3. <u>Fibra bruta, %</u>	60
4. <u>Extracto etéreo, %</u>	60
5. <u>Extracto libre de nitrógeno, %</u>	61
6. <u>Contenido de cenizas, %</u>	61
C. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES	62
1. <u>Componente forestal</u>	62
a. Crecimiento	62
b. Diámetro del fuste	65
2. <u>Componente leñosas forrajeras</u>	68
a. Crecimiento	68
b. Biomasa	68
3. <u>Componente de ciclo corto</u>	70
a. Rendimiento en grano	70
D. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	72
E. EFICIENCIA ECONÓMICA	74
1. <u>Uso de mano de obra</u>	74
2. <u>Insumos internos y externos</u>	74
3. <u>Valor de la producción</u>	77
4. <u>Ingresos netos</u>	77
5. <u>Beneficio/ costo</u>	79

V. <u>CONCLUSIONES</u>	80
VI. <u>RECOMENDACIONES</u>	81
VII. <u>LITERATURA CITADA</u>	82
ANEXOS	

RESUMEN

En la Granja Experimental Palora del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), se evaluó 5 sistemas silvopastoriles (SSP) como alternativa para la sostenibilidad de los recursos naturales, promoviendo la intensificación y recuperación de pasturas contribuyendo así a reducir el impacto ambiental de esta actividad pecuaria en la Amazonía ecuatoriana. Los tratamientos evaluados fueron; Sistema tradicional (forestal *Pollalesta discolor*); Testigo mejorado (forestal *Swietenia macrophylla*); SSP botón de oro, (leguminosa *Tithonia diversifolia* con forestal *Swietenia macrophylla*); SSP flemingia (leguminosa *Flemingia macrophylla* con forestal *Swietenia macrophylla*) y SSP porotón (leguminosa *Erythrina schimpffii* con forestal *Swietenia macrophylla*), (T0, T1,T2, T3 y T4 en su orden), cada tratamiento fue asociado con *Zea mays* híbrido INIAP 553, con tres repeticiones por tratamiento y se evaluó bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar. Al finalizar la investigación los tratamientos no mostraron efectos contundentes sobre las características físico-químicas del suelo, pero evidenciando diferencias en el análisis biológico del suelo, donde los mayores valores de biomasa y número de lombrices se encuentran el SSP porotón (T4) con $4,73 \text{ gm}^{-2}$ y $8,13 \text{ lombricesm}^{-2}$ respectivamente; en cuanto a la producción de biomasa se registraron los mayores valores en el SSP botón de oro (T2) con $5,81 \text{ tMsha}^{-1}$ seguido del SSP flemingia (T3) con $4,16 \text{ tMsha}^{-1}$; finalmente los mayores rendimientos de maíz se encuentran en el SSP flemingia (T3) con $0,689 \text{ tha}^{-1}$, seguido del SSP porotón (T4) con $0,639 \text{ tha}^{-1}$. Concluyendo que el SSP conformado por flemingia (T3) muestra mejores rendimientos de grano de maíz y una buena producción de biomasa.

ABSTRACT

At Granja Experimental Palora of the Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), five forestpasture systems were assessed as an alternative for sustainability of natural resources by the means of intensification and recovery of pastures contributing to reduce environmental impact of this livestock activity in the Ecuadorian Amazon region. The assessed treatments were: traditional system (forestall *Pollalesta discolor*), improved witness (forestal *Swietenia macrophylla*), forestpasture systems golden button (leguminous *Thitonia diversifolia* with forestall *Swietenia macrophylla*) forestpasture systems flemingia (leguminous *Flemingia macrophylla* with forestal *Swietenia macrophylla*), and forestpasture systems poroton (leguminous *Erythrina schimpffii* with forestal *Swietenia macrophylla*), (T0, T1, T2, T3 and T4), each treatment was associated with *Zea mays* hybrid INIAP 553, with three repetitions with treatment and block designs were assessed at random. At the end of the treatment there were not visible effects over physical- chemical characteristics in the soil, but there were some some differences in the biological analysis of the soil where the highest values of biomass and number of worms are forestpasture poroton (T4) with 4,73 g m^{-2} and 8,13 worm m^{-2} respectively. A higher production of biomass was evident in forestpasture golden button (T2) with 5,81 tMsha^{-1} followed by forestpasture system flemingia (T3) with 4,16 tMsha^{-1} , finally the best root efficient was evident in forestpasture flemingia (T3) with 0,689 tha^{-1} , followed by forestpasture poroton (T4) with 0,639 tha^{-1} . It was concluded that forestpasture composed by flemingia (T3) has the most efficiency level in roots and a good production of biomass.

LISTA DE CUADROS

N°	Pág.
1. DISTRIBUCIÓN DEL APROVECHAMIENTO PRODUCTIVO DEL SUELO EN LA RAE, POR CATEGORÍA DE USO, DE ACUERDO A DOS FUENTES DISPONIBLES.	7
2. ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS GRANOS DE MAÍZ.	24
3. CARACTERÍSTICA FISIOLÓGICA DEL HIBRIDA INIAP 553.	25
4. INDICADORES Y DESCRIPTORES PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS AGRÍCOLAS.	28
5. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.	29
6. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.	29
7. TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO.	31
8. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.	32
9. ESQUEMA DEL ADEVA.	33
10. COMPORTAMIENTO QUÍMICO, FÍSICO Y BIOLÓGICO DEL SUELO, DE DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES, EN LA REGIÓN AMAZÓNICA, COMO ALTERNATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA ACTIVIDAD GANADERA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PALORA DEL INIAP.	40
11. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES, EN LA REGIÓN AMAZÓNICA, COMO ALTERNATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA ACTIVIDAD GANADERA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PALORA DEL INIAP.	58
12. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES.	63
13. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO	73
14. USO DE LA MANO DE OBRA.	75
15. INSUMOS INTERNOS Y EXTERNOS.	76
16. VALOR DE PRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.	78
17. INGRESOS NETOS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.	79

LISTA DE GRÁFICOS

Nº	Pág.
1. Comportamiento del suelo en la variable, compactación del suelo kgfcm^{-2} , en la Granja Experimental de Palora INIAP.	41
2. Comportamiento del suelo en la variable, densidad del suelo gcm^{-3} , en la Granja Experimental de Palora INIAP.	43
3. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de nitrógeno del suelo %, en la Granja Experimental de Palora INIAP.	45
4. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de fosforo asimilables en el suelo (ppm), en la Granja Experimental de Palora INIAP.	47
5. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de potasio final en el suelo ($\text{meq } 100 \text{ ml}^{-1}$), en la Granja Experimental de Palora INIAP.	49
6. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de materia organica en el suelo (%), en la Granja Experimental de Palora INIAP.	50
7. Comportamiento del suelo en la variable, pH del suelo, en la Granja Experimental de Palora INIAP.	52
8. Comportamiento del suelo en la variable, numero de lombrices en los diferentes sistemas silvopastoriles evaluados, en la Granja Experimental de Palora INIAP.	54
9. Comportamiento del suelo en la variable, biomasa de lombrices en los diferentes sistemas silvopastoriles evaluados, en la Granja Experimental de Palora INIAP.	56
10. Crecimiento de las especies forestales, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.	64
11. Engrosamiento (fuste), a los 180 días de las especies forestales, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.	66
12. Crecimiento a los 180 días de las especies leñosas forrajeras, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.	69
13. Rendimiento del grano de maíz, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.	71

LISTA DE ANEXOS

Nº

1. Componente forestal, crecimiento en 180 días de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
2. Componente forestal, engrosamiento del fuste en 180 días de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
3. Componente de ciclo corto, rendimiento de maíz de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
4. Componente suelo, compactación final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
5. Componente suelo, densidad aparente de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
6. Componente suelo, biomasa de lombrices final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
7. Componente suelo, número de lombrices final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
8. Componente suelo, contenido de nitrógeno de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
9. Componente suelo, contenido de fósforo, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
10. Componente suelo, contenido de potasio de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
11. Componente suelo, pH final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
12. Componente suelo, contenido de materia orgánica de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
13. Componente leguminoso leñoso, crecimiento a los 180 días de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
14. Componente leguminoso leñoso, biomasa de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
15. Componente leguminoso leñoso, contenido de materia seca de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
16. Componente leguminoso leñoso, contenido de proteína cruda de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

17. Componente leguminoso leñoso, contenido de fibra cruda de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
18. Componente leguminoso leñoso, contenido de extracto etéreo de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
19. Componente leguminoso leñoso, contenido de elementos libres de nitrógeno de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.
20. Componente leguminoso leñoso, contenido de cenizas de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

I. INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria en la región amazónica, consiste en establecer cultivos de ciclo corto como: naranjilla, (*Solanum quitoense*), maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihote sculenta* Crantz) y en algunos casos arroz; para luego dar paso a la siembra de pastos y a una producción ganadera extensiva, la que en muchos casos, presiona los remanentes de especies arbóreas o arbustivas, quedando los espacios convertidos en praderas degradadas según Nieto, C. (2005).

En la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE), las pasturas, constituyen la principal razón de cambio de uso de la tierra, desde el ecosistema original de bosque a superficie con intervención para actividades productivas, es así que el cultivo de pastizales constituye del 73% al 84% del aprovechamiento productivo del suelo en la RAE según Nieto, C. y Caicedo, C. (2012).

Grijalva, J. et al. (2002), manifiesta que la intensificación de pasturas y la recuperación de pasturas degradadas son las mejores estrategias para aumentar la unidad animal por hectárea, y por lo tanto, reduciría el impacto ambiental. Pero, con el mejoramiento de las pasturas, la ganadería bovina puede continuar creciendo sin comprometer el aspecto ambiental. De hecho la respuesta es sí, en la RAE es la de liberar alrededor de un 25% del total de pasturas para dedicarlas a la producción agrícola.

Una de las opciones para recuperar estos pastizales degradados es la formación de sistemas silvopastoriles. Las interacciones positivas y aporte ecológico de los árboles a las praderas pueden ayudar a incrementar la productividad de los pastos. Sin embargo, la influencia de los árboles sobre los sistemas productivos puede ser negativa, ya que provocan competencia con los pastos. El reto más importante, es encontrar la interacción silvopastoril propicia de la zona, para minimizar la competencia y de esta forma situar una pradera productiva en forma sostenible según Grijalva, J. et al. (2002).

Desde el punto de vista ambiental y de la conservación de los recursos naturales, se sabe que el daño más serio, ha sido provocado por las actividades de

extracción de petróleo, seguido por las agropecuarias y la consecuencia más grave es sin duda la destrucción de la biodiversidad, por la tala indiscriminada del bosque según Nieto, C. y Caicedo, C. (2012).

En la Amazonía ecuatoriana, las pasturas constituyen la principal forma de aprovechamiento de la tierra, cuya expansión basada en la utilización de prácticas no sostenibles, son a menudo consideradas entre los factores más importantes de deforestación y cambios climáticos globales según Wood, C. y Porro, R. (2002).

De los sistemas pecuarios, el ganado bovino con cerca del 12% de la ganadería nacional y el porcino con cerca del 5% son los más significantes en la Región Amazónica Ecuatoriana (RAE). La capacidad de carga de los sistemas ganaderos es menor a 1 UBA por hectárea, lo cual es un indicador del estado deficiente de la producción de biomasa de las pasturas y de los rendimientos de carne y leche, por debajo del promedio nacional. Para obtener un ingreso neto de \$ 300/mes, que es menor al salario digno, el ganadero de la RAE, debe cultivar 100 ha y mantener como mínimo 60 UBA según Censo Nacional Agropecuario. INEC, MAG, SICA, (2001).

Por lo anterior expuesto es importante la aplicación de sistemas silvopastoriles como alternativas para las actividades ganaderas de la región Amazónica, como se menciona, estas tienen el propósito de optimizar el recurso suelo, a más de ofrecer una producción sustentable, con lo cual se mantendrá una mayor carga animal suministrando al productor pecuario de la zona un paquete tecnológico aplicable a su realidad dando como resultado una producción rentable y satisfactoria para su economía según Nieto, C. y Caicedo, C. (2012).

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, en la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- a. Determinar el efecto de las alternativas silvopastoriles en estudio sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, en su fase de establecimiento.

- b. Valorar el comportamiento agronómico de diferentes sistemas silvopastoriles, en su fase de establecimiento en la región Amazónica.
- c. Realizar análisis económico de Beneficio/Costo de las alternativas silvopastoriles, en su fase de establecimiento.

II. REVISION DE LITERATURA

A. CARACTERIZACIÓN DE LA REGIÓN AMAZÓNICA ECUATORIANA

La Región Amazónica Ecuatoriana (R.A.E.), se encuentra ubicada geográficamente en el cinturón de fuego del globo terrestre y proporcionalmente comprende el 2% de la cuenca del río Amazonas. Su extensión territorial es de 116.441 Km² y representa la región natural más grande del Ecuador, con aproximadamente el 45% del territorio nacional. Geopolíticamente está formada por 6 provincias, las que de norte a sur son: Sucumbíos, Orellana, Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe, según Nieto, C. y Caicedo, C. (2012).

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), menciona que la aptitud productiva de la R.A.E. para actividades agrícolas es muy limitada (apenas 17,5% de su territorio), de las cuales la mayor parte corresponde a aptitud para pastos, cuya actividad productiva podría ser la cría de ganado. La aptitud sobresaliente de uso es el bosque, lo cual, en términos de actividades producidas contrasta totalmente con las actividades agropecuarias.

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), señalan que la incompatibilidad entre la superficie bajo la categoría de áreas intervenidas para producción agrícola, que ha sobrepasado el área potencial con aptitud para cultivos agrícolas sin limitaciones y hasta el área apta para cultivos agrícolas con limitaciones; ha generado un claro conflicto de uso del suelo.

Según estos datos de suelo, la categoría “Tierras intervenidas y en producción agrícola”, estaría invadiendo otras categorías de uso, en unas 879.335 hectáreas, si se compara con el uso potencial para cultivos sin limitaciones, y en unas 167.738 hectáreas, si se compara con el uso potencial para cultivos con limitaciones, según Nieto, C. y Caicedo, C. (2012).

Grijalva, J. (2009), manifiesta los conflictos o incompatibilidades entre el uso actual del suelo y su aptitud natural de uso, a menudo dan como consecuencia serias dificultades para los involucrados directos en las actividades productivas,

siendo las más visibles las siguientes:

- Baja productividad y rentabilidad de las actividades productivas.
- Incremento de los costos de producción por la necesidad de uso de insumos para compensar la baja capacidad productiva natural de los suelos.
- Inversiones elevadas en enmiendas o mejoras en suelos no aptos para la producción agropecuaria.
- Incremento de los riesgos de clima y desastres naturales, por la incompatibilidad del uso del suelo para actividades productivas y dificultad de mantener la sustentabilidad en el uso y gestión de los recursos naturales disponibles dentro de la unidad productiva.

Grijalva, J. (2009), señala que además, de los problemas y dificultades que enfrenta el agricultor o ganadero, por la intervención en un suelo con un uso incompatible con su aptitud natural, no hay que dejar de mencionar el daño colateral que se causa, en términos de efectos ambientales negativos, como son:

- Pérdida de biodiversidad nativa y hasta endémica.
- Erosión y compactación del suelo.
- Contaminación de aguas, disminución de caudales y pérdida de manantiales.

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), afirman que, uno de los indicadores más importantes para determinar el potencial productivo agropecuario de una región es las características del suelo. Si el suelo tiene características y aptitudes para la producción agropecuaria, entonces cualquier esfuerzo para generar opciones tecnológicas y recomendaciones de manejo de sistemas productivos agropecuarios, redundará directamente en la mejora de los rendimientos y en la mejora de la productividad de los sistemas productivos.

Los mismos autores afirman que la mayor parte de la R.A.E., sus suelos pertenecen al orden inceptisoles que tiene el carácter de poco asequibles para cultivos, sin horizontes definidos y con abundancia de minerales, esas

características de fragilidad, limitaciones de los suelos de la región, para uso agropecuario, junto con los regímenes de humedad son, quizá, los indicadores más importantes para definir sistemas de producción agropecuaria en la Amazonía afirmado por Nieto, C. y Caicedo, C. (2012).

Al respecto, cobra lógica la propuesta de sistemas con especies nativas y arreglos espaciales análogos a los ecosistemas típicos de la zona. Sobresaliendo los sistemas agroforestales y los sistemas silvopastoriles según Grijalva, J. (2009).

B. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA

Nieto, C. y Caicedo, C. (2012), manifiestan que los sistemas de producción ganadera en la R.A.E., tienen igual o mayor importancia que los sistemas de producción agrícola, considerando además, que un alto porcentaje de productores son productores mixtos (agricultores y ganaderos al mismo tiempo). Un análisis de las principales especies pecuarias distribuidas en la Amazonia, resalta varios detalles que la caracterizan, así:

- De la población ganadera, sobresale la población bovina, con 77,4%, seguida por la ganadería porcina, que representa el 11%; la ganadería equina (caballos, asnos y mulas), con 10,3%; mientras que los ovinos representan el 1% y los caprinos el 0,3% restante.
- Es evidente la importancia superior de la ganadería bovina en la región, seguida por la ganadería porcina. De hecho, sumadas las poblaciones de las dos especies, asciende al 88,4% del total de la población ganadera de la región.
- En cuanto a la distribución de la población ganadera bovina por provincias, claramente las del sur., Zamora Chinchipe y Morona Santiago, son las que mayor número de animales y UPAS dedicadas a la ganadería presentan.
- Lo mismo sucede en el caso de la ganadería porcina, aunque en este caso, también sobresale la provincia de Sucumbíos.

Las pasturas, en términos de área ocupada, constituye la principal forma de

uso de la tierra, partiendo desde el ecosistema original de bosque; es decir, la actividad ganadera bovina es una de las principales causas de deforestación de la región, según Grijalva, J. et al. (2004).

Se afirma que la actividad pecuaria en la zona, ha acompañado al proceso de colonización del espacio amazónico, ya que sin lugar a dudas es una actividad que significa ingresos seguros para los productores, dinamizando de esta forma la economía de la región, según Nieto, C. et al. (2005), se detalla la distribución del aprovechamiento de la tierra (cuadro 1).

Cuadro 1. DISTRIBUCIÓN DEL APROVECHAMIENTO PRODUCTIVO DEL SUELO EN LA RAE, POR CATEGORÍA DE USO.

Categoría de uso	ESPAC, 2009 (ha)	INEC, MAG, SICA 2001 (ha)
Cultivos Permanentes	101,916	138,618
Cultivos Transitorios y Barbecho	36,502	57,340
Descanso	11,285	78,425
Pastos Cultivados	813,132	767,576
Pastos Naturales	108,848	24,695
Otros Usos	15,348	17,035
Total (hectáreas)	1 087,031	1 083,689

Fuente: Nieto, C. et al. (2005).

Sin embargo, en el caso de la ganadería bovina, los niveles de producción y productividad son bajos. Los promedios de leche apenas alcanzan a 3.5 litros/vaca/día y la producción de carne acusa incrementos de apenas 0,25 kg/día, y según las estadísticas del ESPAC 2009, el promedio por vaca ordeñada en la R.A.E., es de 4,5 litros por vaca al día, manifestado por Nieto, C. et al. (2005).

Escobar, W. (2003), asevera que la baja productividad de la ganadería bovina en la R.A.E., se explica entre otras, por las siguientes causas: baja fertilidad de los suelos y procesos de degradación, que da como consecuencia una baja productividad de biomasa de pasturas; las especies y variedades de pastos

utilizados son susceptibles al ataque de plagas; poca o nula utilización de leguminosas (arbustivas o rastreras), que mejoren la fertilidad del suelo y disminuyan su erosión; presencia agresiva de malezas, que ocasiona un alto uso de mano de obra para combatirlas; uso de pie de cría (razas o cruces de ganado), de bajo potencial productivo y; prácticas deficientes de manejo reproductivo y sanitario del ganado.

C. ALTERNATIVAS SILVOPASTORILIS

1. Sistema silvopastoril

Según Pezo, D. e Ibrahim, M. (1999), un sistema silvopastoril es una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos) e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas y animales) todos ellos bajo un sistema de manejo.

2. Tipos de sistemas silvopastoriles

Según Pezo, D. e Ibrahim, M. (1999), entre las opciones de sistemas silvopastoriles que se pueden encontrar en fincas ganaderas se puede citar:

- Cercas vivas, cortina rompevientos
- Bancos forrajeros de leñosas perennes.
- Leñosas perennes en callejones.
- Árboles y arbustos dispersos en potreros.
- Pastoreo en plantaciones de árboles maderables o frutales.
- Leñosas perennes sembradas como barreras vivas.

3. Ventajas del sistema silvopastoril

Pezo, D. e Ibrahim, M. (1999), señala las siguientes ventajas:

- Contribuye a contrarrestar impactos ambientales negativos propios de los

sistemas tradicionales.

- Favorece la restauración ecológica de pasturas degradadas.
- Mecanismo para diversificar las empresas pecuarias, generando productos e ingresos adicionales.
- Ayuda a reducir la dependencia de insumos externos.
- Permite intensificar el uso del recurso suelo, sin reducir el potencial productivo a largo plazo.

4. Desventajas del sistema silvopastoril

Martín, G. (2012), señala que la desventaja de un sistema silvopastoril, se da generalmente cuando la especie forrajera herbácea, es susceptible a la sombra y este efecto determina cambios negativos en sus patrones fisiológicos (velocidad de rebrote, índice de área foliar, capacidad de macollaje o de semillazón, etc.), una alta carga animal o una baja densidad de árboles/ha, producirá sobrepastoreo y excesivo pisoteo en el área basal de los árboles. Esto determina compactación de suelo y menor vida útil de estos ejemplares, rotura de corteza, ramoneo intenso, escasa posibilidad de dispersión de semillas, etc., sobre las matas de forraje, reduce la producción sostenida de masa forrajera, alarga los tiempos de rebrote, imposibilita la dinámica de reproducción, etc.

D. INTERACCIONES ENTRE COMPONENTES DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

1. Interacción leñosa perenne –animal

a. Regulación del estrés climático

La presencia de leñosas perennes en sistemas ganaderos puede contribuir de manera directa a la productividad del sistema, regulando o contrarrestando la intensidad de factores climáticos adversos para el animal, e indirectamente creando un microclima que favorece el crecimiento y la calidad de las pasturas que los animales consumen, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

b. Sombra y regulación de la temperatura corporal

Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002), afirman que en condiciones tropicales se ha observado que la temperatura bajo la copa de los árboles es en promedio 2 a 3 °C por debajo de la observada en áreas abiertas; bajo condiciones específicas de sitio se han detectado diferencias de hasta 9.5 °C.

Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002), mencionan que la reducción de temperatura causada por la sombra de los árboles, aunque sea de 2 a 3 °C, es extremadamente importante cuando la temperatura ambiental sobrepasa el límite superior del “área de confort” o “zona de termoneutralidad. Fuera de esos límites fallan los mecanismos de pérdida o emisión de calor que poseen los animales “homeotermos”, resultando en una elevación de la temperatura corporal, lo cual tiene implicaciones directas sobre el comportamiento animal, su productividad, comportamiento reproductivo y la sobrevivencia de los animales. Además, los árboles interfieren parcialmente el paso de la radiación solar hacia la superficie corporal del animal, aliviando su contribución potencial al incremento en la carga calórica del animal.

c. Leñosas perennes como recurso alimenticio

América Central es un área privilegiada en cuanto a la diversidad biológica de leñosas perennes con potencial forrajero, sin embargo, es hasta hace poco más de una década que en esta región se hace un esfuerzo para el estudio sistemático de la calidad nutritiva, el manejo agronómico y el potencial de incorporación de estos forrajes en la dieta de los animales, como una forma de intensificación de la producción animal basada en forrajes, citado por Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002)

En términos generales, la biomasa comestible de las leñosas perennes, en especial de las leguminosas, es rica en proteína cruda (P.C.), vitaminas y la mayoría de minerales, excepto el sodio, estos contenidos pueden variar con la época del año, pero la magnitud de los cambios estacionales son bastante menores a los detectados en gramíneas, por lo que las diferencias se hacen más marcadas en el período seco, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

2. Interacción leñosa perenne – pastura

a. Producción de fitomasa

Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002), sostienen que el principal factor limitante para el crecimiento de pasturas en sistemas silvopastoriles es el nivel de sombra ejercido por los árboles y arbustos, aunque no todas las forrajeras responden de igual manera a la disminución en la incidencia de energía lumínica.

b. Calidad nutritiva

Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002), afirman que el sombreado también afecta la calidad nutritiva de los forrajes, pero en algún caso esos efectos pueden estar mediados por cambios anatómicos o morfológicos que sufren las plantas (engrosamiento de la epidermis, elongación de tallos). En varios ensayos con gramíneas se han detectado incrementos en el contenido de proteína cruda y disminución en el de carbohidratos no estructurales (azúcares, almidones), a medida que aumenta la interferencia al paso de la luz solar.

3. Interacción leñosa perenne – suelo

a. Fijación de nitrógeno

La fijación simbiótica es un mecanismo importante en la incorporación del nitrógeno en muchos sistemas silvopastoriles, en especial en aquellos que involucran leguminosas, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

Con frecuencia se ha sobrestimado la cantidad de nitrógeno fijada por las leguminosas, sin embargo, el uso de métodos más precisos ha permitido determinar que ésta puede llegar hasta entre 100 y 150 kg de N_2 /ha/año en leguminosas herbáceas, y hasta 300 kg de N_2 por hectárea al año en leguminosas arbóreas, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

b. Materia orgánica y reciclaje de nutrimentos

El reciclaje de nutrimentos en sistemas silvopastoriles ocurre a través de la senescencia de biomasa aérea y la muerte de raíces, tanto de las leñosas como del estrato herbáceo. Esto se da a través del material podado que es dejado en el campo, y por medio de las excretas que los animales depositan durante el pastoreo/ramoneo, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

c. Control de la erosión

Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002), mencionan que las pasturas de crecimiento rastrero o decumbente, cuando son bien manejadas hacen una buena cobertura del suelo, previniendo pérdidas de suelo por erosión eólica e hídrica. En sistemas ganaderos, los problemas de erosión, escorrentía y lavado de nutrientes, regularmente están asociados con praderas degradadas, de pobre cobertura -con amplios espacios de suelo desnudo, poco productivos.

Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002), manifiestan que al igual que las pasturas, las leñosas también pueden contribuir a contrarrestar la erosión, donde los árboles están dispersos en las áreas de pastoreo, pueden hacer una contribución más efectiva en aminorar los problemas de la erosión hídrica. Así la mayor contribución de las leñosas es más bien a través del incremento en el contenido de materia orgánica del suelo, esto dado por medio del mantillo de hojas y ramas que caen sobre la superficie del suelo y previenen el impacto directo de la lluvia sobre el suelo.

4. Interacciones animal – pastura

a. Pisoteo efectos sobre las pasturas y leñosas

En aquellos herbívoros que poseen pezuñas con bordes filosos (ej. ovinos, bovinos, caprinos), hay mayor probabilidad que se produzcan cortes o laceraciones de hojas y tallos, mayormente en los nuevos rebrotes. Además, la presión ejercida por cualquier animal que pastorea producirá el entierro parcial de

la biomasa aérea, con enlodamiento de hojas y tallos en suelos muy húmedos, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

En las especies estoloníferas, el pisoteo moderado puede ejercer efectos favorables para la propagación vegetativa, al poner en contacto los entrenudos con el suelo húmedo. Por otro lado, en el caso de aquellas que producen semilla gámica, su entierro y compactación provocados por pisoteo, pueden favorecer la emergencia de plántulas, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

b. Compactación del suelo

La presión estática ejercida por la pezuña de los ovinos y bovinos es de 0,8 a 0,95 y de 1,2 a 1,6 kg cm⁻², respectivamente, esta presión puede duplicarse cuando los animales se movilizan, y es mayor a medida que se incrementa la velocidad de desplazamiento, según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

La presión ejercida por las pezuñas de los animales en el mediano o largo plazo resultará en la reducción del volumen de macroporos en el suelo. Esto afecta negativamente la tasa de infiltración de agua, incrementa la resistencia a la penetración de las raíces, y disminuye la disponibilidad de O₂ para el sistema radicular. Los efectos de la compactación antes descrita no sólo afectan a las pasturas, sino también al componente de leñosas perenne; según Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002).

c. Deposición de excretas

Pezo, D. e Ibrahim, M. (2002), manifiestan que en sistemas silvopastoriles, las heces y orina depositadas por los animales en pastoreo pueden ejercer cuatro tipos de efectos, a saber: contaminación del follaje, reciclaje de nutrientes, dispersión de semillas y servir de medio nutritivo para el desarrollo de algunos patógenos.

E. DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES FORESTALES

1. *Pollalesta discolor* (piqui)

a. Clasificación científica

MEDEL, H. (2014), manifiesta que:

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Pollalesta</i>
Específico	<i>discolor</i>

b. Origen y hábitat

Revista Naturalista. (2014), indica que en la amazonia andina, mayormente por debajo de los 1000 msnm, se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante; es una especie con tendencia heliófita y de crecimiento rápido, presente en bosques secundarios tempranos y tardíos, en suelos arcillosos a limosos, fértiles, bien drenados, con pedregosidad baja a media.

c. Descripción

Revista Naturalista. (2014), manifiesta que es un árbol o arbusto de 4 a 15 m de altura, ramitas pardo-pubescentes. Hojas simples, alternas, pecioladas, de elípticas a ovado-lanceoladas, de 6-21 por 3,5-7,2 cm, ápice de agudo a acuminado, base cuneada, borde entero, lanoso-pubescentes en el envés, inflorescencia corto-pedunculada en un denso corimbo, de 5 a 22 cm de largo, flores de blancas a amarillentas, aromáticas. Frutos tipo aquenios turbinados, de 1,8 a 2,2 mm de largo, puberulentos.

2. **Swietenia macrophylla (ahuano)**

a. Clasificación científica

Según Hoyos, F. (2014), muestra:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Sapindales
Familia:	Meliaceae
Género:	<i>Swietenia</i>
Especie:	<i>macrophylla</i>

b. Origen

Según Hoyos, F. (2014), manifiesta que la *Swietenia macrophylla* (caoba), es una especie botánica de árboles originaria de la zona intertropical americana perteneciente a la familia de las Meliaceae.

c. Hábitat

Hoyos, F. (2014), manifiesta que se la halla en Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Dominica, Ecuador, El Salvador, Guyana Francesa, Guadalupe, Guatemala, Guyana, Honduras, Martinica, México, Montserrat, Nicaragua, Panamá, Perú, Santa Lucía, San Vicente y las Granadinas, Venezuela. Está amenazada por pérdida de hábitat.

d. Descripción

Hoyos, F. (2014), indica que es un árbol perennifolio o caducifolio, de 35 a 50 m (raramente hasta 70 m), de altura, diámetro a 18 dm de altura: 10 a 18 dm (hasta 35 dm). Copa abierta, redondeada en forma de sombrilla. Hojas alternas, paripinnadas (pocas veces imparipinnadas), de 1 a 4 dm de largo (incluyendo

pecíolo); 3-5 pares de folíolos, de 5 x 2 a 12 x 5 cm, lanceolados a ovados, asimétricos, márgenes enteros. Es el árbol emblemático del estado Portuguesa Venezuela.

Hoyos, F. (2014), manifiesta que tiene tronco recto, sin ramas hasta cierta altura, algo acanalado, con sistema radical profundo. Ramas gruesas ascendentes, escasas, retorcidas por arriba de los 25 m; corteza externa profunda, muy fisurada, especialmente en el caobo negro, costillas escamosas, alargadas, pardo grisáceas a castaño grisáceas; corteza interna rosada a roja, fibrosa, amarga, astringente, 1 a 3 cm de grosor. A través de las grietas de la corteza puede verse el color rojizo de la madera, más oscuro cuanto más profunda sea la grieta.

Hoyos, F. (2014), indica que es una madera rojiza, que da nombre al color caoba (de marrón rojizo hasta vino tinto), muy pesada y maciza, por lo que se hunde rápidamente en el agua y no se pueden utilizar los ríos para que floten los troncos hacia un aserradero. Es una madera de grano fino, ideal para la ebanistería por ser fácil de tallar, de gran valor para la elaboración de muebles y, en general, constituye una de las maderas de mayor valor en el mercado mundial.

F. LEGUMINOSAS LEÑOSAS

1. Tithonia diversifolia (Botón de oro)

a. Clasificación científica

Según Ríos, C. (2002), manifiesta la siguiente clasificación científica:

Reino:	Vegetal
División:	Spermatophyta
Clase:	Dicotyledoneae
Orden:	Campanuladas
Familia:	Compositae
Género:	<i>Tithonia</i>
Especie:	<i>diversifolia</i>

b. Origen

La familia Compositae posee unas 15.000 especies ampliamente distribuidas por todo el mundo y es posiblemente la que posee más ejemplares dentro de la flora apícola, citado por Ríos, C. (2002).

c. Descripción

Esta especie fue descrita como planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, hojas alternas, pecioladas, la hojas en su mayoría de 7.0 a 20.0 cm de ancho. Con 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base y la mayoría decurrentes en la base del peciolo, bordes aserrados, pedúnculos fuertes de 5 a 20 cm de largo, citado por Ríos, C. (2002).

d. Usos potenciales

Es utilizada en apiarios como fuente de néctar y polen, por la presencia de flores; cerca a los cultivos es atrayente de insectos benéficos que controlan plagas. Por estas características se constituye en un elemento importante en el diseño de sistemas sostenibles de producción para nuestro medio; además es utilizada como barrera viva para impedir el ataque de las abejas debido a que se ven forzadas a cambiar su forma de vuelo directo, cuando se encuentran con ella. También sirve como barrera contra el viento en el apiario; citado por Ríos, C. (2002).

e. Características agronómicas

Esta planta crece en diferentes condiciones agroecológicas desde el nivel del mar (30°C), hasta 2500 msnm (10°C), y precipitaciones de 800 hasta 5000 mm año⁻¹ y en distintos tipos de suelos de neutros a ácidos y desde fértiles hasta muy pobres en nutrientes, citado por Ríos, C. (2002).

f. Valor bromatológico

El contenido de proteína bruta variaba desde 28.51% a los 30 días de edad hasta 14.84% de la materia seca, cuando se evaluaba a los 89 días. La proteína digestible por los bovinos, también disminuía del 22.19% al 10.08%, para las mismas épocas de crecimiento, el porcentaje de fibra cruda de la materia seca era variable a través del tiempo, con valores entre 1.63% y 3.83%. El porcentaje de humedad del forraje verde varió de 85.9% (a los 30 días), hasta 76.75% (a los 89 días), citado por Ríos, C. (2002).

2. Flemingia macrophylla (flemingia)

a. Clasificación científica

Según Rao, K. (2014), manifiesta lo siguiente:

Reino:	Plantae
Filo:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Flemingia</i>
Especie:	<i>macrophylla</i>

b. Origen

Es nativa de Asia, pero ha sido naturalizada en África al Sur de Sahara y en la China y se adapta muy bien a suelos ácidos, y estudiada en Costa Rica; citado por Bernal, L. (2007).

c. Descripción

Leguminosa de raíces profundas que pueden llegar a medir hasta 2.5 m. Las hojas son trifoliadas, las flores están en hojas de racimos de colores variables y

las vainas son marrón oscuro, con semillas negras brillantes o marrones; citado por Bernal, L. (2007).

d. Usos potenciales

Es usado para labores de corte y acarreo, bancos de proteína, barreras vivas y se ha reportado buena relatividad para la alimentación de rumiantes menores (cabras, ovejas) y bovinos como suplemento alimenticio en sequía; citado por Bernal, L. (2007).

e. Características agronómicas

Se adapta bien en los suelos desde arenosos hasta arcillosos y de baja fertilidad, con pH de 3.8 a 8.0. Crece desde el nivel de mar hasta los 2000 m, con precipitaciones oscilantes de 1000 a 3500 mm. Esta especie generalmente se la encuentra a lo largo de los cursos de agua a los bosques secundarios tanto en suelos arcillosos, en Indonesia se la ha adaptado a suelos ácidos (pH 4.6) y suelos pobres con alta solubilidad de aluminio (80% de saturación). Crece en suelos con pH de 4.5, la planta es tolerante a la sombra y resistente al fuego; citado por Bernal, L. (2007).

Tolera sequía, permanece verde y rebrota en época seca prolongadas de 4 a 5 meses, tolera tiempos cortos de inundación. La Flemingia es una planta resistente que puede resistir largos periodos de sequía y es capaz de sobrevivir en suelos pobremente drenados, citado por Bernal, L. (2007).

f. Valor bromatológico

Tiene contenidos de proteína que oscilan entre 15 y 30% con digestibilidades entre 35 y 55%; con un contenido de materia seca del 42,65%, energía bruta de 4256,2 kcal kg⁻¹ y taninos de 0,35 % y un contenido de fibra de 29,65 %. Además posee componentes anti nutricionales como los taninos que reducen en gran medida su digestibilidad, citado por Bernal, L. (2007).

3. *Erythrina schimpffii* (eritrina)

a. Clasificación científica

Según Gledhill, D. (2008), manifiesta lo siguiente:

Reino:	Plantae
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Fabales
Familia:	Fabaceae
Género:	<i>Erythrina</i>
Especie:	<i>schimpffii</i>

b. Origen

Gledhill, D. (2008), manifiesta que es un árbol endémico de Ecuador, donde al menos 17 poblaciones han sido registradas en los Andes orientales y occidentales. Las poblaciones occidentales son probablemente más amenazadas debido a que sufren más la deforestación de las laderas orientales. Protegido en el interior del Parque Nacional Sumaco-Napo-Galeras y probablemente también en el Parque Nacional Llanganates, el Parque Nacional Sangay, y la Reserva Ecológica Antisana. El único espécimen tipo aparentemente fue destruido en el herbario de Berlín durante la Segunda Guerra Mundial. Nombre común "porotillo". Aparte de la destrucción del hábitat, no se conocen amenazas específicas.

c. Descripción

Gledhill, D. (2008), manifiesta que el género *Erythrina* comprende árboles y arbustos, rara vez plantas herbáceas, generalmente caducifolios y con las ramillas espinosas. Tienen hojas trifoliadas, con estípulas pequeñas y persistentes; estípelas glandulares generalmente presentes en la base de los peciós de los folíolos laterales. Las flores normalmente son de color rojo escarlata y aparecen en racimos terminales después que las hojas o antes que éstas. Las brácteas y bractéolas son muy pequeñas o están ausentes. El cáliz es truncado, dentado o

lobulado. La corola tiene un estandarte grande, plegado y ocultando la quilla y las alas antes de que la flor se desarrolle totalmente o extendido y mostrando el resto de los pétalos. El androceo tiene 10 estambres, nueve de los cuales están unidos y uno libre.

d. Usos potenciales

Gledhill, D. (2008), indica que algunos de los árboles de este género son ampliamente utilizados en los trópicos y subtrópicos como ornamentales en calles y parques, en especial en zonas secas. En algunos lugares como Venezuela, los bucarés se utilizan para sombrear los cultivos de café o cacao; las semillas de al menos un tercio de las especies contienen alcaloides. Los pueblos indígenas utilizan algunas de ellas con fines medicinales u otros propósitos. Sin embargo, todas tienen algún grado de toxicidad.

G. CULTIVO TRANSITORIO- *Zea mays*

1. Clasificación científica

Según Wilkes, G. (2004), manifiesta lo siguiente:

Reino:	Planta
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Género:	<i>Zea</i>
Especie:	<i>mays</i>

2. Origen

Anderson, E. (1946), indica que el maíz (*Zea mays*), es un pasto de la familia botánica Poaceae o Gramineae, al igual que el trigo, el arroz, la cebada, el centeno y la avena. Este cultivo se originó mediante el proceso de domesticación que llevaron a cabo los antiguos habitantes de Mesoamérica, a partir de los

“teocintles”, gramíneas muy similares al maíz, que crecen de manera natural principalmente en México y en parte de Centroamérica.

Según Wilkes, G. (2004), presenta que algunas corrientes defienden que el origen geográfico del maíz se localiza en el Municipio de Coxcatlán en el valle de Tehuacán, Puebla, en la denominada Mesa Central de México a una altitud de 2500 metros.

En este lugar el antropólogo norteamericano Richard Stockton encontró restos arqueológicos de plantas de maíz que, se estima, datan de hasta hace ocho milenios. En las galerías de las pirámides todavía se pueden observar pinturas, grabados y esculturas que representan al maíz, según Wilkes, G. (2004).

3. Descripción

a. Raíz

Según Benz, F. (2011), manifiesta que la planta tiene dos tipos de raíz, las primarias son fibrosas, presentando además raíces adventicias, que nacen en los primeros nudos por encima de la superficie del suelo, ambas tienen la misión de mantener a la planta erecta, sin embargo, por su gran masa de raíces superficiales, es susceptible a la sequía, intolerancia a suelos deficientes en nutrientes, y a caídas de grandes vientos (acame).

b. Tallo

Benz, F. (2011), indica que el tallo está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares.

c. Hojas

Benz, F. (2011), las hojas toman una forma alargada íntimamente arrollada al

tallo, del cual nacen las espigas o mazorcas. Cada mazorca consiste en un tronco u elote que está cubierta por filas de granos, la parte comestible de la planta, cuyo número puede variar entre ocho y treinta.

d. Inflorescencia

Benz, F. (2011), indica que la inflorescencia masculina es terminal y se le conoce como panícula, panoja, espiga y "miahuatl" en nahuatl, compuesta por un eje central o raquis y ramas laterales; a lo largo del eje central se distribuyen los pares de espiguillas de forma polística y en las ramas con arreglo dístico y cada espiguilla está protegida por dos brácteas o glumas, que a su vez contienen en forma apareada las flores estaminadas; en cada florecilla componente de la panícula hay tres estambres donde se desarrollan los granos de polen.

Benz, F. (2011), indica que las inflorescencias femeninas, las mazorcas, se localizan en las yemas axilares de las hojas; son espigas de forma cilíndrica que consisten de un raquis central u olote donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con dos flores pistiladas una fértil y otra abortiva, estas flores se arreglan en hileras paralelas, las flores pistiladas tienen un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo con propiedades estigmáticas donde germina el polen.

e. Granos

Benz, F. (2011), indica que en la mazorca, cada grano o semilla es un fruto independiente llamado cariósido que está insertado en el raquis cilíndrico u olote; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca.

4. Usos potenciales

Según Pope, K. (2010), el maíz constituye, junto con el arroz y el trigo, uno de los principales alimentos cultivados en el mundo. Su uso no solo se centra en la alimentación humana sino que forma parte de la alimentación animal por sí mismo

o constituyendo un ingrediente muy importante en la composición de piensos para cerdos, aves, y vacas. Los tallos de maíz, una vez separados de la mazorca, se pueden utilizar como forraje.

5. Características agronómicas

Según Pope, K. (2010), el maíz requiere una temperatura de 25 a 30° C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a 20° C.

El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8° C y a partir de los 30° C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32° C, según Pope, K. (2010).

6. Valor bromatológico

Se presenta el análisis proximal de los granos de maíz, (cuadro 2).

Cuadro 2. ANÁLISIS PROXIMAL DE LOS GRANOS DE MAÍZ.

Maíz	
Proteína %	7,62
Extracto etéreo %	4,07
Fibra bruta %	2,2
Almidón %	61,93
Cenizas %	1,34
Humedad %	12,13
Materia seca %	87,87
Energía digestible/ kg Mcal	3,45

Fuente: Perrone, G. (2011).

7. Características del híbrido H-553

INIAP. (2009), indica que fue resultado de varios años de investigación realizada por los fito-mejoradores del programa de maíz de la Estación Experimental Tropical Pichilingue, el INIAP se complace en poner a disposición de los agricultores de la Zona Central del Litoral Ecuatoriano, el nuevo híbrido simple INIAP H-553 de alto rendimiento, tolerante a enfermedades foliares y excelente calidad de granos.

a. Características fisiológicas

Se presenta las características fisiológicas del híbrido INIAP 553, (cuadro 3).

Cuadro 3. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DEL HÍBRIDO INIAP 553.

Parámetro	Valor
Tolerancia	Manchas Foliares y Cinta Roja
Días a floración	55 días
Altura de Planta	235 cm
Altura de mazorca	121 cm
Cobertura de mazorca	Excelente
Pudrición de mazorca	Resistente
Número de hileras de grano en la mazorca	14 – 16
Longitud de mazorca	17 cm
Días a cosecha	110 días
Rendimiento potencial	210 qq por hectárea
Tipo de grano	Duro cristalino con ligera capa harinosa

Fuente: INIAP. (2009).

H. IMPACTO AMBIENTAL

Es el conjunto de técnicas que buscan como propósito fundamental un manejo de los asuntos humanos de forma que sea posible un sistema de vida en armonía con la naturaleza; Rojas, C. (2010).

La gestión de impacto ambiental pretende reducir al mínimo nuestras intrusiones en los diversos ecosistemas, elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad por las criaturas más débiles, sino por verdadera humildad intelectual, por reconocer que no sabemos realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio biológico; Rojas, C. (2010).

I. INDICADORES Y DESCRIPTORES DE SOSTENIBILIDAD

La agricultura sostenible es el manejo de los recursos para satisfacer las necesidades cambiantes mientras se mantiene o mejora la base de recursos y se evita la degradación ambiental, asegurando a largo plazo un desarrollo productivo y equitativo; según Gonzales, J. (2009).

La sostenibilidad de un agroecosistema es la habilidad de mantener la productividad cuando es sometido a una fuerza perturbadora mayor. Puede entenderse también como la capacidad de un sistema para mantener su productividad a pesar de una alteración mayor; según Gonzales, J. (2009).

1. Variables y funciones involucradas en las definiciones de sostenibilidad

Según Gonzales, J. (2009), manifiesta que las definiciones de trabajo adoptadas de manera provisional, determinan variables independientes y dependientes que permiten medir hasta qué punto un sistema económico, social, natural o integrado a largo plazo.

Los elementos comunes (variables, grupos de variables, funciones), que se

desprenden de las definiciones de sostenibilidad son; población, necesidades y consumo, recurso, tecnología, producción, productividad, capacidad de carga, distribución y acceso a los recursos y tecnología, rentabilidad, variables sociales, tiempo, según Gonzales, J. (2009).

2. Utilización de Descriptores e indicadores de sostenibilidad

a. Descriptores

Los descriptores son características significativas de un elemento de acuerdo con los principales atributos de sostenibilidad de un sistema determinado. Los descriptores pueden ser diferentes aun entre sistemas similares de acuerdo con los atributos particulares del mismo, según Arévalo, V. (1999).

b. Indicadores

Para cada descriptor seleccionado como relevante, se debe definir uno o varios indicadores. Los indicadores son una medida del efecto de la operación del sistema sobre el descriptor; si el sistema es sostenible, tiene un efecto positivo sobre el descriptor y un negativo, si no lo es, según Arévalo, V. (1999).

Se presentan algunos de los indicadores y descriptores de sostenibilidad, (cuadro 4), señalados por el Comité on Agricultural Sustainability 1987 citado por Gonzales, J. (2009).

Cuadro 4. INDICADORES Y DESCRIPTORES PARA EL ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS AGRÍCOLAS.

Indicadores	Descriptores	Variables
1) Base del recurso	Suelo	Compactación Densidad aparente Fertilidad Número y biomasa de lombrices Humedad volumétrica Biomasa de raíces Taza de extracción de elementos químicos
2) En función del sistema		Altura del pasto Cobertura del pasto Relación Hojas tallo del pasto Biomasa del forraje herbáceo y leñoso Valor nutritivo herbáceo y leñoso
a. Indicadores de eficiencia técnica	Productos Biofísicos	Crecimiento de los árboles Producción del componente ciclo corto Producción del componente animal. Temperatura ambiental Radiación fotosintéticamente activa e Índice de área foliar
b. Indicadores de eficiencia económica	Productos Económicos	Valor de la Producción Ingresos Netos
c. Indicadores de manejo técnico	Relación entre insumos endógenos y exógenos	Cantidad de insumos internos y externos
d. Indicadores de manejo económico	Mano de obra	Uso de mano de obra
3) De impacto sobre otros sistemas	Secuestro de carbono	En el componente leñoso En hojarasca En el suelo En las raíces Neto por sistema

Fuente: Arévalo. V, (1999).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo se realizó en la Granja Experimental Palora del INIAP, la cual tuvo una duración de 180 días, el ensayo está ubicado en el Cantón Palora de la Provincia de Morona Santiago, a una longitud de 77° 57'48'' O y una Latitud de 01° 40'14'' S. Las condiciones meteorológicas y características de suelo del lugar, donde se realizó la investigación, condiciones que se exponen (cuadros 5 y 6), a continuación.

Cuadro 5. CONDICIONES METEOROLÓGICAS.

Parámetros	Valores
Temperatura promedio, °C	22,50
Humedad relativa, %	85
Precipitación, mm año ⁻¹	3000 – 4000

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2014).

Cuadro 6. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

Parámetros	Valores
pH	5,36 Ácido
Pendiente, %	8 Llanuras y colinas
Drenaje, %	20 Bueno
Materia Orgánica, %	18,5
Textura	Franco arcillosa

Fuente: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2014).

B. UNIDADES EXPERIMENTALES

El presente ensayo estuvo compuesto por 15 unidades Experimentales (seis parcelas testigo y 9 asociaciones silvopastoriles), las cuales pertenecen a 5 tratamientos de estudios con 3 repeticiones por tratamiento; el tamaño de la unidad experimental fue de 728 m², (26 m x 28 m), dando un total de 10 920 m².

C. MATERIALES, EQUIPOS E INSTALACIONES

1. Materiales

- Barreno de tubo.
- Barreno de anillos.
- Fundas plásticas y de papel.
- Etiquetas.
- Marcadores.
- Machetes.
- Hoces.
- Cuadrantes de 0,25 m².

2. Equipos

- Equipo informático.
- Termómetros ambientales.
- Penetrómetro de lectura directa.
- Motoguadaña.
- Cámara fotográfica.
- Balanza de precisión.
- Barrenos (fertilidad y densidad aparente de suelo).
- Estufa.

3. Instalaciones

- Laboratorios de la Estación Experimental Central de la Amazonia (E.E.C.A.), del INIAP.

D. TRATAMIENTOS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Tratamientos

Tratamientos del presente experimento (cuadro 7).

Cuadro 7. TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO.

Tratamientos	Descripción
T0	INIAP 553 (<i>Zea mays</i>) + Pigue (<i>Pollalesta discolor</i>)
T1	INIAP 553 (<i>Zea mays</i>) + Ahuano (<i>Swietenia macrophylla</i>)
T2	INIAP 553 (<i>Zea mays</i>) + Ahuano (<i>Swietenia macrophylla</i>) + Botón de oro (<i>Tithonia diversifolia</i>)
T3	INIAP 553 (<i>Zea mays</i>) + Ahuano (<i>Swietenia macrophylla</i>) + Flemingia (<i>Flemingia macrophylla</i>)
T4	INIAP 553 (<i>Zea mays</i>) + Ahuano (<i>Swietenia macrophylla</i>) + Eritrina (<i>Erythrina schimpffii</i>)

2. Diseño experimental

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (D.B.C.A.), con cinco tratamientos y tres repeticiones. Tomando en cuenta el siguiente modelo lineal aditivo:

$$X_{ij} = \mu + T_i + B_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

X_{ij} = Valor de la variable dependiente.

μ = Media general.

Ti= Efecto de los tratamientos.

Bj= Efecto de los bloques.

€ ij= Efecto del error experimental.

Se detalla el esquema del experimento (cuadro 8).

Cuadro 8. ESQUEMA DEL EXPERIMENTO.

Tratamiento	Código	Repeticiones	T.U.E m ²	Total m ²
Sistema tradicional	T0	3	728	2 184
Testigo mejorado	T1	3	728	2 184
Sistema Silvopastoril- <i>Tithonia diversifolia</i>	T2	3	728	2 184
Sistema Silvopastoril- <i>Flemingia macrophylla</i>	T3	3	728	2 184
Sistema Silvopastoril- <i>Erythrina schimpffii</i>	T4	3	728	2 184
TOTAL m ²				10 920

T.U.E.: Tamaño de la unidad Experimental 728 m².

E. MEDICIONES EXPERIMENTALES

1. Características físicas, químicas y biológicas del suelo

- Compactación del suelo.
- Densidad aparente del suelo.
- Fertilidad.
- Presencia de lombrices.

2. Forestal y leñoso forrajero

- Altura de las forestales y leguminosas arbustivas.
- Diámetro del fuste de las forestales.

- c. Biomasa de la leñosa forrajera.
- d. Valor nutritivo de la leñosa forrajera.

3. Cultivo transitorio

- a. Rendimiento.

4. Análisis económico

- a. Uso de mano de obra.
- b. Insumos internos y externos.
- c. Valor de la producción.
- d. Ingresos netos.

F. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS Y PRUEBAS DE SIGNIFICANCIA

Los resultados fueron sometidos a los siguientes análisis:

- Análisis de Varianza.
- Separación de medias según Tukey al 5 y 1 %.
- Análisis de Correlación.

Se detalla el esquema del análisis de varianza (cuadro 9).

Cuadro 9. ESQUEMA DEL ADEVA.

Fuente de Variación	Grados de libertad	GI
Total	$(t \cdot r) - 1$	14
Sistemas silvopastoriles	$t - 1$	4
Bloques	$r - 1$	2
Error	$(t - 1)(r - 1)$	8

G. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Manejo específico del experimento

Para la evaluación de los sistemas silvopastoriles en su fase de establecimiento, se inició con la determinación de la línea base, en donde se identificó mediante análisis químico, biológico y físico las características del suelo y con ello tomar acciones para proceder a la siembra de las especies. En la investigación se dispuso de diferentes arreglos, los cuales incluyen forestales, *Pollalesta discolor* (pigui), y *Swietenia macrophylla* (ahuano), siendo esta última asociada con especies leñosas forrajeras *Tithonia diversifolia* (botón de oro), *Flemingia macrophylla* (flemingia), y *Erythrina schimpffii* (eritrina), las cuales se sembrarán en hileras dobles, distanciadas a 1 metro entre planta y a 5,75 m entre hilera, formando callejones de los cuales en una siguiente etapa se realizará la siembra de pasto.

Posterior a la siembra de las forestales y leñosas forrajeras (2 meses), se realizó la siembra del cultivo transitorio, *Zea mays* híbrido Iniap 553.

El experimento finalizó con la cosecha del maíz (110 días), en donde se determinó, biomasa, análisis proximal de las leguminosas leñosas, producción de maíz, análisis químico, biológico y físico del suelo.

H. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

1. Para la evaluación del efecto de cinco sistemas silvopastoriles, sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo, se utilizaron las siguientes variables

c. Compactación del suelo

Se registraron los datos de compactación del suelo, 20 datos del área experimental antes de la implementación de los sistemas y al final del experimento, cinco de cada unidad experimental, utilizando un muestreo al azar,

con la ayuda de un penetrómetro de lectura directa, se registraron lecturas a una profundidad de 0 a 20 cm por tratamiento. Esta variable se expresó en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgfcm^{-2}), según Ramos, R. (2003).

d. Densidad aparente del suelo

Ramos, R. (2003), menciona que se tomaron 20 muestras de suelo del área experimental antes de la implementación de los sistemas y al final del experimento cinco muestras de cada unidad experimental al azar, utilizando el método del barreno de cilindro de volumen conocido a una profundidad de 0 a 20 cm, tomando la muestra del tercio medio de la profundidad en estudio, luego se pasó la muestra de suelo a una bolsa plástica, se registró el peso fresco de la muestra en gramos y se etiquetó para enviar al laboratorio de suelos de la Estación Experimental Central de la Amazonia donde, se registró el peso de la caja (g), y se colocó en una estufa de aire forzado a 105 °C de temperatura por 24 horas, luego de lo cual se ubicó la muestra en desecadores para enfriarla y pesarla. La densidad aparente se expresó en g cm^{-3} y se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Da = Ms/Vt.$$

Donde:

Da= Densidad aparente en gcm^{-3} .

Ms= Masa del suelo seco en g.

Vt= Volumen total del cilindro en cm^3 .

e. Fertilidad

Kochhann, R. (2006), indica que se realizaron dos muestreos de suelo del área experimental, el primero antes de la implementación de los sistemas y el segundo posterior a la fase de establecimiento, las muestras se tomaron una profundidad 0 a 20 cm; mediante muestreo al azar, con la ayuda de un barreno de tubo, los que formaron una muestra compuesta la misma que se recolectó en una bolsa plástica bien etiquetada y se llevó al laboratorio de Suelos de la Estación

Experimental Central de la Amazonía del INIAP para determinar contenidos de: pH, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), boro, (B), sumatoria de bases, materia orgánica por el método Walkley y Black, textura, capacidad de intercambio catiónico total. Los resultados de los análisis se expresaron en partes por millón (ppm), miliequivalentes (meq 100ml⁻¹), y porcentaje.

f. Presencia de lombrices

Schuldt, M. (2008), para la determinación de la presencia de lombrices se realizó un muestreo antes de la implementación (25 muestras), y posteriormente se registró al final del ensayo, 5 muestras por unidad experimental al azar, donde se cuantificó el número y peso de lombrices, con la utilización de un cuadrante de 0,25 m² al interior de un marco metálico donde se exploró hasta una profundidad de 0,20 m. Los resultados encontrados se expresaron en N^ocm⁻³ y gcm⁻³ respectivamente.

2. Para la evaluación del desempeño de los componentes: forestal, y leñoso forrajero de los sistemas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables

a. Altura y diámetro de las forestales

Kochhann, R. (2006), menciona que las mediciones de los árboles centrales de cada unidad experimental, se deben tomar cada 30 días, utilizando una regla graduada en cm para la altura y un calibrador para el diámetro del fuste, a 30 cm del suelo, los resultados se expresaron en centímetros y en milímetros respectivamente.

b. Altura de las leguminosas leñosas

Kochhann, R. (2006), se utilizaran 4 plantas centrales de cada hilera doble escogidas al azar, cada 30 días, utilizando una regla graduada en centímetros para la altura, los resultados se expresaron en centímetros.

c. Biomasa de la leñosa forrajera

Se procedió a evaluar la biomasa aprovechable, para lo cual se recolectó entre el 20 al 30% del forraje. Esta determinación se realizó en las cuatro leñosas centrales de cada hilera doble en la unidad experimental. La biomasa cortada se pesará en fresco y se tomará una submuestra de 250 g para enviar al laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Central de la Amazonia del INIAP para la determinación de materia seca; según Ramos, R. et al. (2005). Se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS = (\text{Peso seco} / \text{Peso fresco}) * 100.$$

Luego;

$$Blñ = (Plñ * MS) / 100$$

Dónde:

Blñ = Biomasa de la leñosa ($t\ ha^{-1}$).

Plñ = Producción forraje de la leñosa en ($t\ ha^{-1}$).

MS = Materia seca (%).

d. Valor bromatológico de la leñosa forrajera

Kochhann, R. (2006), ostenta que para ésta variable se recolectó una muestra compuesta en cada unidad experimental, se etiquetó la muestra y se envió al laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP para el análisis bromatológico, donde se determinó: materia seca, proteína bruta, fibra cruda, extracto no nitrogenado, extracto etéreo, cenizas totales.

3. Para determinar el rendimiento del cultivo transitorio se procedió de la siguiente manera

Kochhann, R. (2006), señala que se evaluara posterior a la cosecha, contabilizando la cantidad de grano por unidad experimental, expresándose en

kilogramos por tratamiento y kilogramos por hectárea.

4. Para realizar el análisis económico de las alternativas silvopastoriles en estudio, se utilizaron las siguientes variables

Caicedo, W. (2012), sustenta que se evalúa a través del análisis beneficio costo.

$$\text{Beneficio/Costo} = \text{Ingresos totales (\$)} / \text{Egresos totales (\$)}.$$

a. Uso de mano de obra

Se estimó la cantidad de mano de obra utilizada en el manejo de los diferentes sistemas, ésta variable se registró durante el periodo de investigación y se expresó en número de jornales por hectárea.

b. Insumos internos y externos

Durante el periodo de estudio, se determinó los insumos internos y externos utilizados en los diferentes sistemas y se registró la cantidad y costo de cada uno de ellos.

c. Valor de la producción

Para ésta variable se utilizó la producción de forraje en materia seca de la leñosa en cada uno de los tratamientos del sistema silvopastoril dónde, el costo del forraje se fijó de acuerdo al precio de la paca de heno para el consumo animal determinándose un precio referencial, estos valores se expresaron en USD ha⁻¹.

d. Ingresos netos

Finalmente se registró los ingresos y egresos generados durante el periodo de evaluación de los diferentes sistemas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. COMPORTAMIENTO QUÍMICO, FÍSICO Y BIOLÓGICO DEL SUELO, DE DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES, EN LA REGIÓN AMAZÓNICA, COMO ALTERNATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA ACTIVIDAD GANADERA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PALORA DEL INIAP

1. Características físicas

a. Compactación a 0 -20 cm, kgfcm⁻²

Los resultados en esta variable, al final de la investigación (180 días), no presentó diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas testigos, en la etapa de establecimiento a una profundidad (0 a 20 cm). A pesar de no encontrarse diferencias estadísticas se presentan cambios en la compactación del suelo de los tratamientos evaluados, superando de esta manera el T0, con una compactación de 32,9 kgfcm⁻², seguido por los tratamientos T2, T1 y T4, con 31,7; 30,69; 28,8 kgfcm⁻² en su orden, para finalmente ubicarse el T3, con la menor compactación de 28,6 kgfcm⁻², los mismos que se presentan (cuadro 10), posiblemente esto se deba a que las flemingias son arbustos con un sistema radicular profundo mejora la aireación del suelo, además que su follaje es frondoso y cubre gran parte del suelo, lo humedece sin formar encharcamientos que pueden ser un factor para la compactación del suelo, según Pezo, D. (2002).

Dato que al ser comparado con el reportado por Caicedo, W. (2012), menciona que no existió diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$), para los tratamientos pero numéricamente su menor compactación fue en el tratamiento T3 y T5 (SSP. Flemingia y SSP. Porotillo), con 50,3 kgfcm⁻², notándose que un sistema agrosilvopastoril con asociación de flemingias son resistentes a la compactación del suelo, (gráfico 1), debiéndose esto a lo anteriormente, menciona que son plantas de un buen sistema radicular que mejora condiciones edáficas sin provocar compactación.

Cuadro 10. COMPORTAMIENTO QUÍMICO, FÍSICO Y BIOLÓGICO DEL SUELO, DE DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES, EN LA REGIÓN AMAZÓNICA, COMO ALTERNATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA ACTIVIDAD GANADERA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PALORA DEL INIAP.

Variables	Sistemas Silvopastoriles (SSP)					E.E	Prob.	Sign
	T0	T1	T2	T3	T4			
ANÁLISIS FÍSICO DEL SUELO								
Compactación final 0-20 cm (kgfcm ⁻²)	32,9 a	30,69 a	31,7 a	28,6 a	28,8 a	0,89	0,0372	ns
Densidad final 0-20 cm (gcm ⁻³)	0,51 a	0,55 a	0,53 a	0,51 a	0,53 a	0,02	0,6197	ns
ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO								
Nitrógeno total final 0-20 cm (ppm)	70,3 a	58,33 a	68,7 a	67 a	59 a	4,67	0,3057	ns
Fósforo asimilable final 0-20 cm (ppm)	8,17 a	8,87 a	8,77 a	8,73 a	8,4 a	0,36	0,6283	ns
Potasio final 0-20 cm (meq 100 ml ⁻¹)	0,17 a	0,19 a	0,17 a	0,16 a	0,17 a	0,01	0,4649	ns
Materia orgánica final 0-20 cm (%)	17,6 a	17,27 a	17 a	17 a	17,5 a	0,62	0,9152	ns
pH final 0-20 cm	4,63 a	4,83 a	4,74 a	4,73 a	4,62 a	0,09	0,5031	ns
ANÁLISIS BIOLÓGICO DEL SUELO								
Número de lombrices N°m ⁻²	4,13 b	3,87 b	6,4 a	7,53 a	8,13 a	0,38	0,0001	**
Biomasa de lombrices g m ⁻²	1,79 d	2,07 cd	3,32 bc	3,71 ab	4,73 a	0,28	0,0004	**

E.E: Error estándar.

Prob: Probabilidad.

Sign: Significancia.

Letras iguales no difieren significativamente según Tukey al 5%.

ns: No significativo; *: Significativa (P<0,05); **: Altamente significativa (P<0,01).

T0 (Sistema tradicional); T1 (Testigo mejorado); T2 (SSP - Botón de oro); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Porotón).

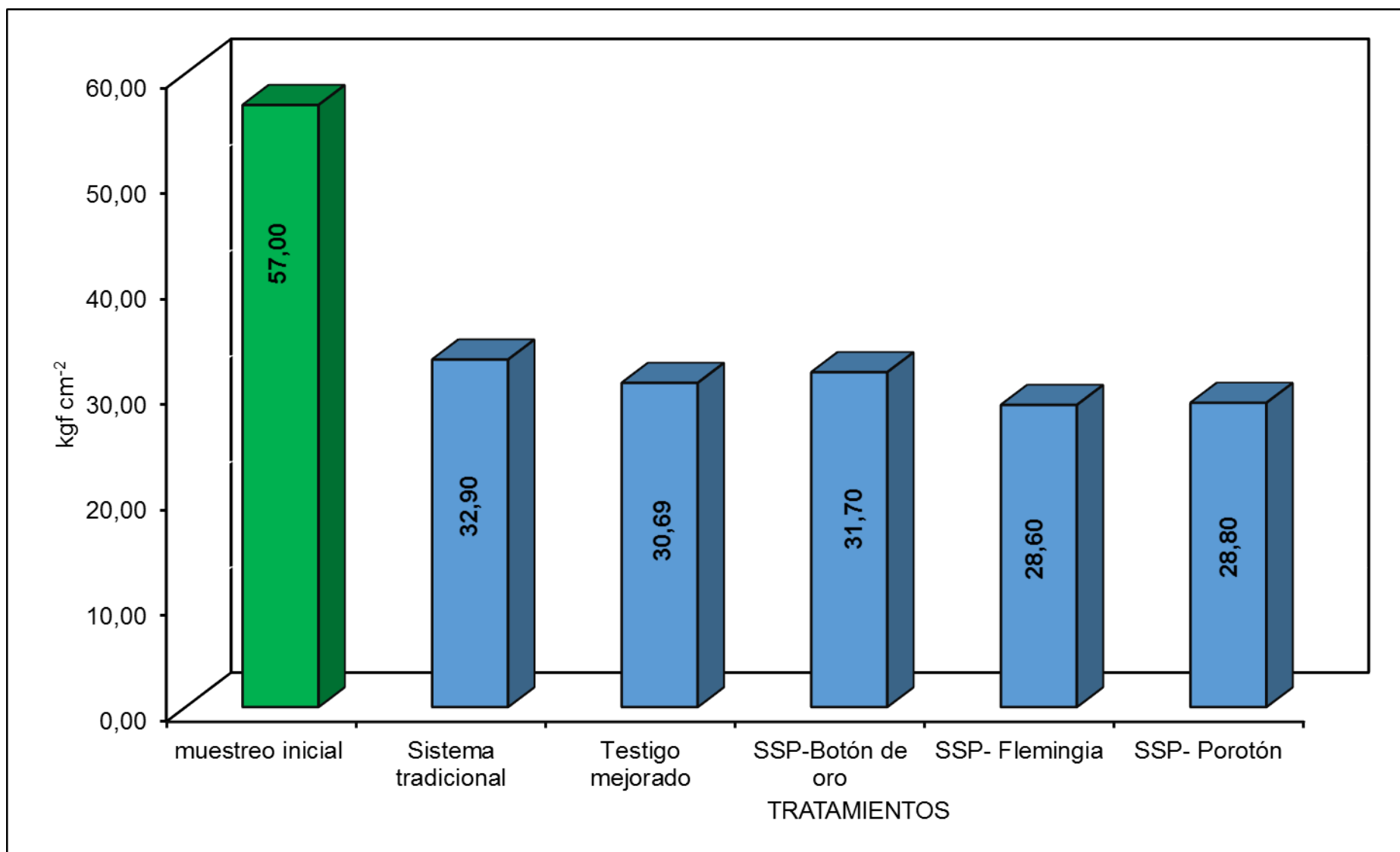


Gráfico 1. Comportamiento del suelo en la variable, compactación del suelo kgf cm^{-2} , en la Granja Experimental de Palora INIAP.

b. Densidad final a 0 -20 cm, gcm^{-3}

En cuanto a la densidad final del suelo a 0- 20 cm (gcm^{-3}), no se reportaron diferencias estadísticas ($P>0,05$), existiendo únicamente diferencias numéricas, siendo la mayor densidad final en el T1, con $0,55 \text{ gcm}^{-3}$, seguido por los tratamientos T2 y T4, con $0,53 \text{ gcm}^{-3}$ para finalmente encontrarse la menor densidad del suelo en el T0 y T3, con $0,51 \text{ gcm}^{-3}$, (gráfico 2).

Pero se puede mostrar que al final de la investigación hay un decremento de la densidad aparente del suelo, esto se debe a lo mencionado por Ríos, Y.(2005), que las lombrices generalmente promueven la aireación y porosidad a través de la formación de madrigueras y al incrementar la proporción de grandes agregados en el suelo, y sus efectos son especialmente importantes en suelos con estructura pobre, ya que en la presente investigación se puede notar un incremento en el número y biomasa de lombrices lo cual repercute directamente en la densidad del suelo.

Cabe resaltar que los valores altos de densidad aparente son propios de suelos compactos y poco porosos, con aireación deficiente e infiltración lenta del agua, lo cual puede provocar anegamiento, anoxia y que las raíces tengan dificultades para elongarse y penetrar hasta alcanzar el agua y los nutrientes necesarios. En estas condiciones, el desarrollo y crecimiento de las plantas es impedido o retardado consistentemente, dicho por Donoso, C. (1992).

Datos similares a los reportados por Casasola, F. (2011), que al manejar un sistema silvopastoril con especies leñosas alcanza su mayor densidad de $0,55 \text{ gcm}^{-3}$, posiblemente esto se deba a que las especies leñosas captan mayor cantidad de agua y su sistema radicular mejora porosidad del suelo.

2. Características químicas

El suelo debe constituir un medio idóneo para el desarrollo de las raíces, almacenamiento y provisión de agua, también debe ser adecuado suministrador de nutrientes para el crecimiento de las plantas y la producción de los cultivos, con contenidos óptimos de macronutrientes (en especial N, P y K), y

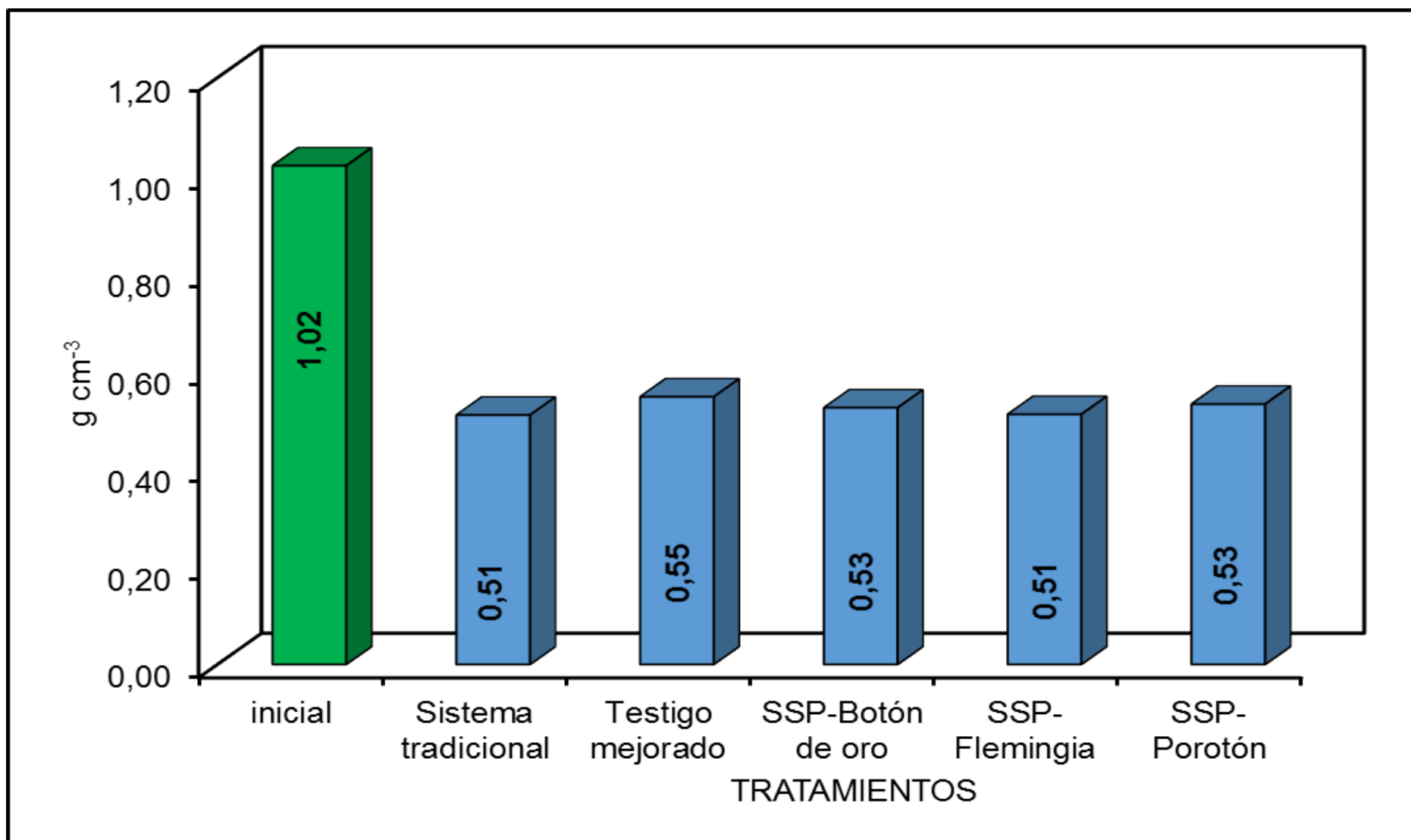


Gráfico 2. Comportamiento del suelo en la variable, densidad del suelo g cm^{-3} , en la Granja Experimental de Palora INIAP.

micronutrientes, Porta, J. et al. (2003).

a. Nitrógeno total final 0-20 cm, ppm

El análisis de varianza del nitrógeno total tomado sus muestras de 0-20 cm de profundidad, no presentó diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre los sistemas silvopastoriles estudiados, pero es visible un aumento de su contenido en todos los tratamientos estudiados; así los valores en escala ascendente corresponden a los contenidos de nitrógeno total de 58,33; 59,00; 67,00; 68,7 y 70,3 ppm, para los tratamientos T1, T4, T3, T2 y T0, respectivamente y en su orden, (gráfico 3).

Este incremento se explica debido a la incorporación de este elemento por medio de la fertilización nitrogenada (nitrato de amonio), que se llevó a cabo en dos fechas, 30 y 45 días después de la fecha de siembra del cultivo de ciclo corto, probablemente se debe al efecto de lixiviación de este mineral, posterior a la fertilización, según <http://www.edafologia.com.ar/>. (2011), afirma que el proceso de lixiviación de los suelos se da en forma natural en los periodos de lluvia y en climas con demasiada humedad, produciéndose el desplazamiento de las sustancias solubles o hacia los horizontes más profundos, además de lo indicado por Elliot, P. (1990), aduciendo que las excretas de las lombrices contienen elevadas cantidades de nitrógeno orgánico en comparación a la encontrada en los suelos adyacentes, por otro lado http://es.wikipedia.org/wiki/Fijaci%C3%B3n_de_nitr%C3%B3geno. (2015), indica que las plantas de la familia de las leguminosas poseen en sus raíces nódulos con bacterias simbióticas conocidas como rizobios, que producen compuestos nitrogenados que ayudan a la planta a crecer y competir con otras plantas; cuando la planta muere, el nitrógeno ayuda a fertilizar el suelo. También que durante la vida de la planta también se enriquece el suelo a través de los exudados de las raíces, ricos en nitrógeno; lo que explica el incremento de este nutriente en el suelo al final de la investigación, especialmente en los tratamientos con leguminosas leñosas.

Criollos, N. (2013), menciona que al evaluar alternativas de sistemas

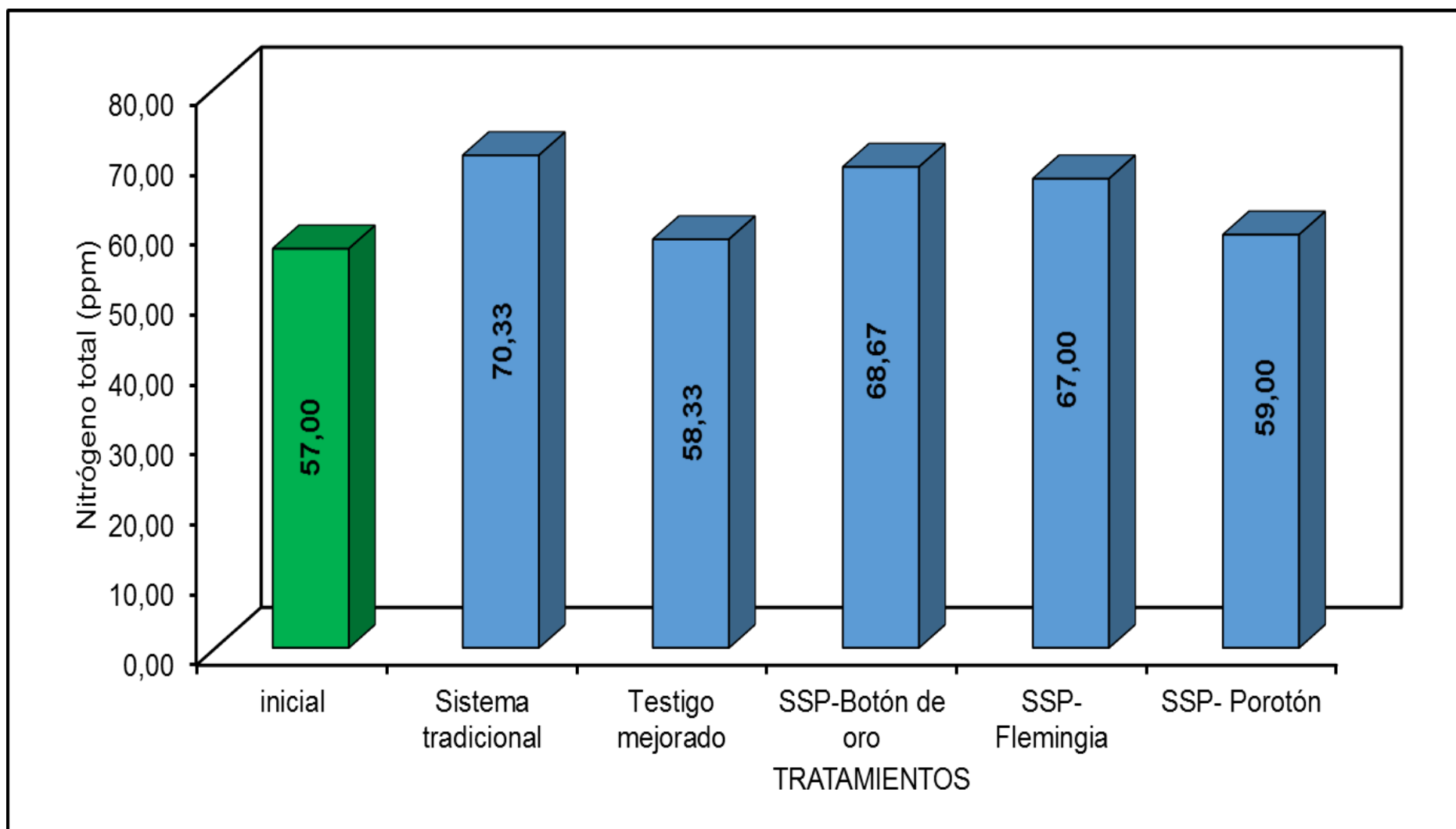


Gráfico 3. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de nitrógeno ppm del suelo, en la Granja Experimental de Palora INIAP.

silvopastoriles en la amazonia con el fin de recuperar pasturas degradadas y mitigar los impactos ambientales, logra su mayor concentración de nitrógeno con especies leguminosas con una media de 67,45; similar al de la presente investigación, pudiendo ser que la simbiosis que existe con las leguminosa ayuda a fijar el nitrógeno en el suelo de una forma más eficiente.

b. Fosforo asimilable final 0-20 cm, ppm

Los resultados en esta variable, no presentan diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas tradicional y mejorado. Lo que se puede notar es que los valores promedio del contenido de este nutriente en el suelo tienen una misma tendencia a disminuir a la profundidad de 0 a 20 cm, se presenta los contenidos de fósforo que van de 8,17; 8,4; 8,73; 8,77 y 8,87 ppm, para los tratamientos son los siguientes sistemas silvopastoriles T0; T4; T3; T2 y T1, en su orden, (gráfico 4).

Los contenidos de este elemento en el suelo, acusan un nivel medio; posiblemente esa reducción se deba a la existencia de leguminosas arbustivas o árboles que necesitan determinada cantidad de fósforo para poder fijar nitrógeno en el suelo tal como se menciona en <http://edafologia.ugr.es/index.htm>. (2010).

Simultáneamente estas disminuciones posiblemente se deberían a que, la cantidad de fósforo que ingresa al suelo desde la atmósfera (adsorbido en las partículas de polvo), es muy pequeña ($0,05$ a $0,5 \text{ kg ha}^{-1}$), siendo necesaria una reposición en suelos perturbados con uso agrícola para evitar que el contenido de este elemento descienda rápidamente según se menciona en <http://www.edafologia.com.ar/>. (2011).

c. Potasio final 0-20 cm, meq 100 ml^{-1}

Los resultados que arrojaron los análisis químicos del suelo del contenido de potasio final (meq 100 ml^{-1}), no presentan diferencias estadísticas ($P < 0,05$), entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los

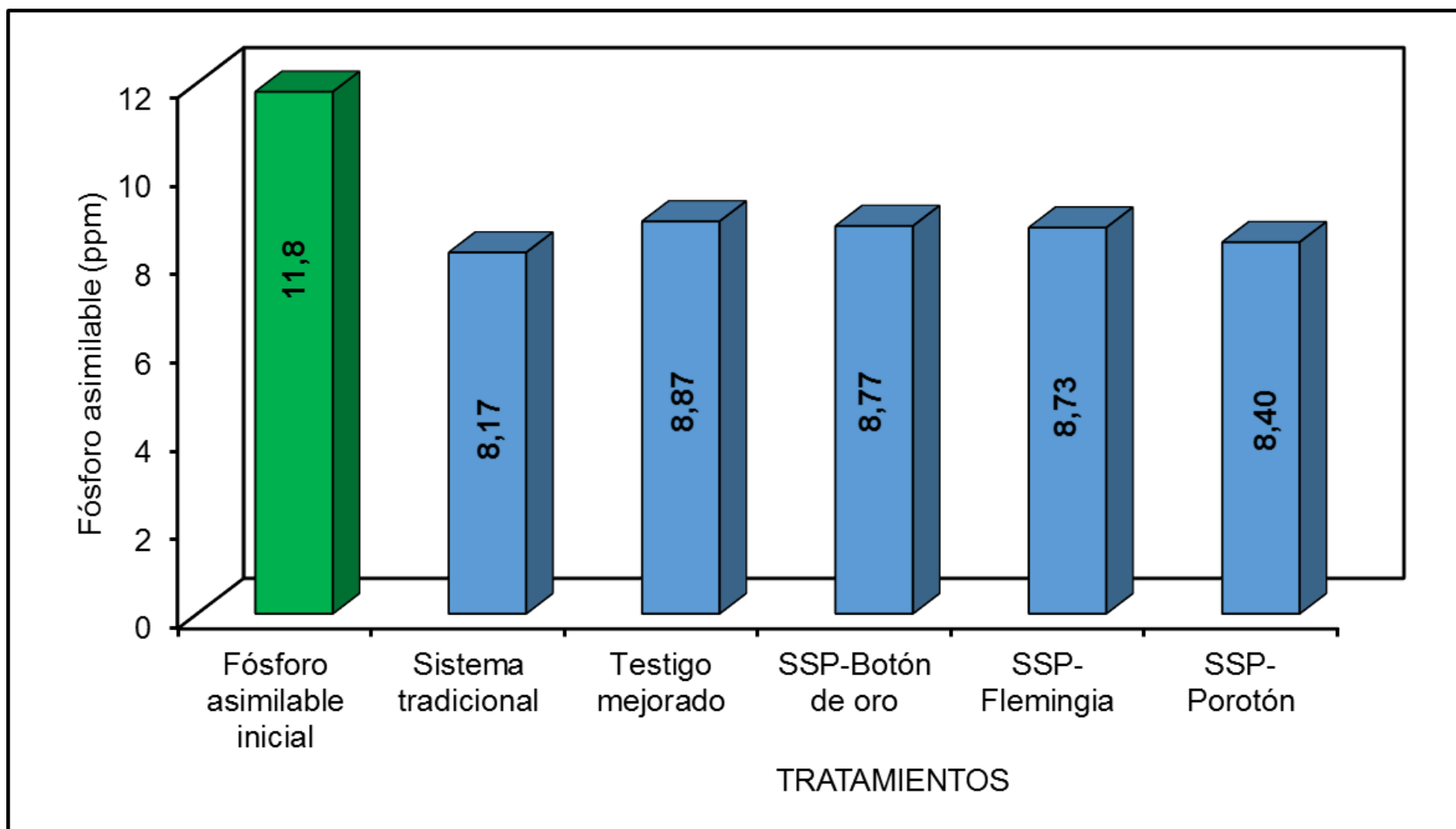


Gráfico 4. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de fosforo asimilable en el suelo (ppm), en la Granja Experimental de Palora INIAP.

sistemas tradicional y mejorado, a la profundidad de 0 a 20 cm al finalizar la investigación, se presenta los contenidos de potasio, a la profundidad de (0 a 20 cm), tanto en la evaluación inicial como final de la investigación, logrando de esta manera contenidos de $0,17 \text{ meq } 100 \text{ ml}^{-1}$, para los tratamientos T0; T2 y T4 respectivamente, el mayor valor fue de $0,19 \text{ meq } 100 \text{ ml}^{-1}$ en el T1; y finalmente el menor contenido se encuentra en el T3 con $0,16 \text{ meq } 100 \text{ ml}^{-1}$, (gráfico 5).

<http://www.infoagro.com/abonos/elementossueloesencialesplantas.htm>. (2015), explica el decremento de este nutriente manifestando que las raíces de las plantas en crecimiento, producen una rápida disminución en la concentración de potasio en la solución del suelo cercana a ellas. Esto genera un proceso de difusión, con liberación del potasio intercambiable adsorbido por las cargas de las arcillas y de la materia orgánica.

d. Materia orgánica final 0- 20 cm, %

Los análisis realizados para el contenido de materia orgánica, (gráfico 6), en la etapa de establecimiento, en el suelo, no evidencian diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$), entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y los sistemas tradicional y mejorado, a la profundidad de 0 a 20 cm; pero mostrando diferencias numéricas siendo el sistema con mayor % de materia orgánica el T0 y T4 con 17,6 y 17,5, seguido por el T1, con 17,27 % y finalmente ubicándose con el menor porcentaje de materia orgánica el sistema T2 y T3, con 17 %.

Por definición la materia orgánica, es una mezcla compleja y variada de sustancias orgánicas, desempeña un importante papel en los suelos agrícolas como son: formación y estabilización de agregados, absorción e intercambio iónico, suministro de energía y nutrientes, capacidad de retención de humedad y protección contra la degradación del suelo por erosión. Los aportes de materia orgánica en el suelo resultan críticos para el mantenimiento de este componente y de la fertilidad del suelo a largo plazo, según Porta, J. et al. (2003).

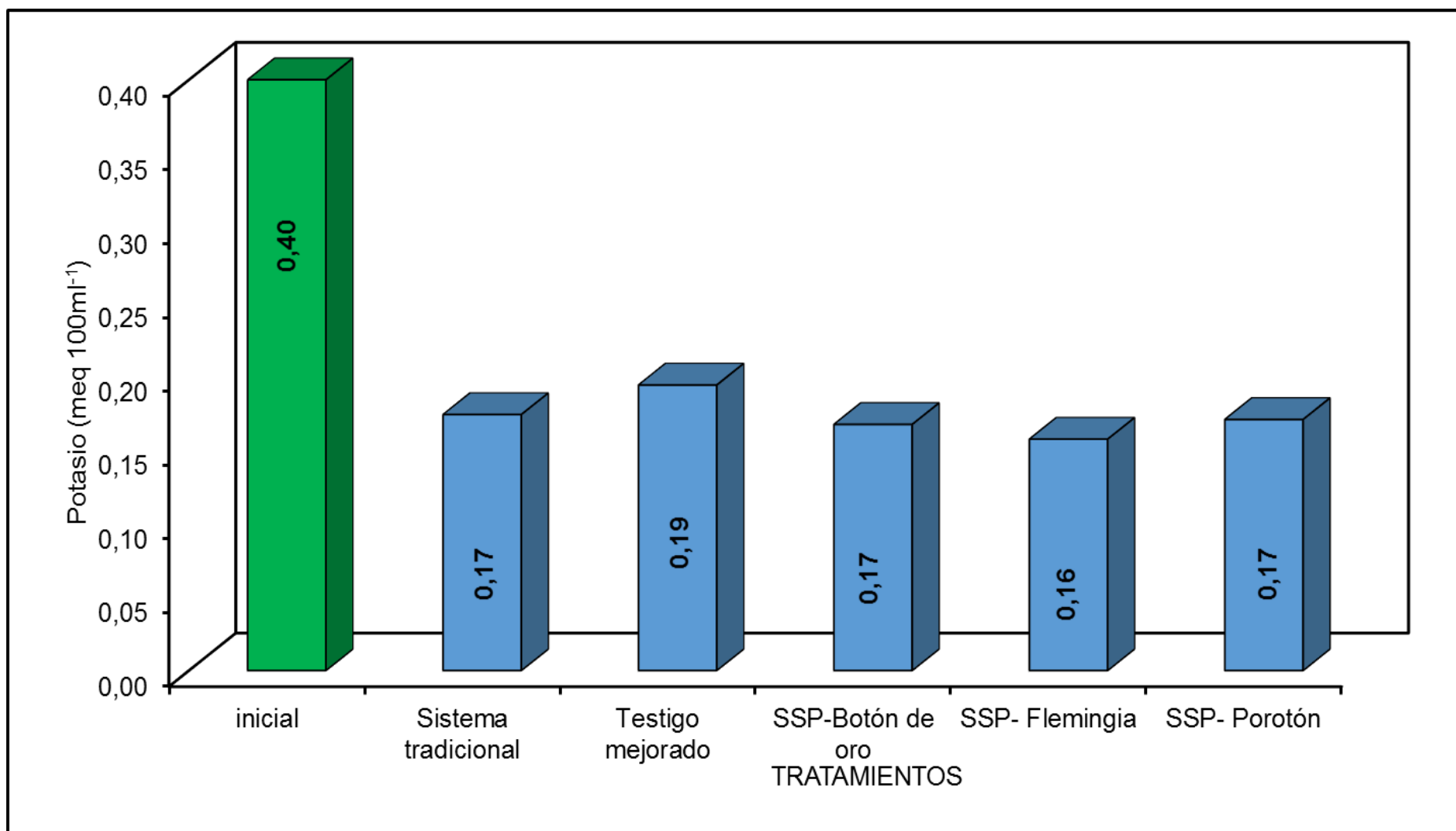


Gráfico 5. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de potasio final en el suelo (meq 100 ml⁻¹), en la Granja Experimental de Palora INIAP.

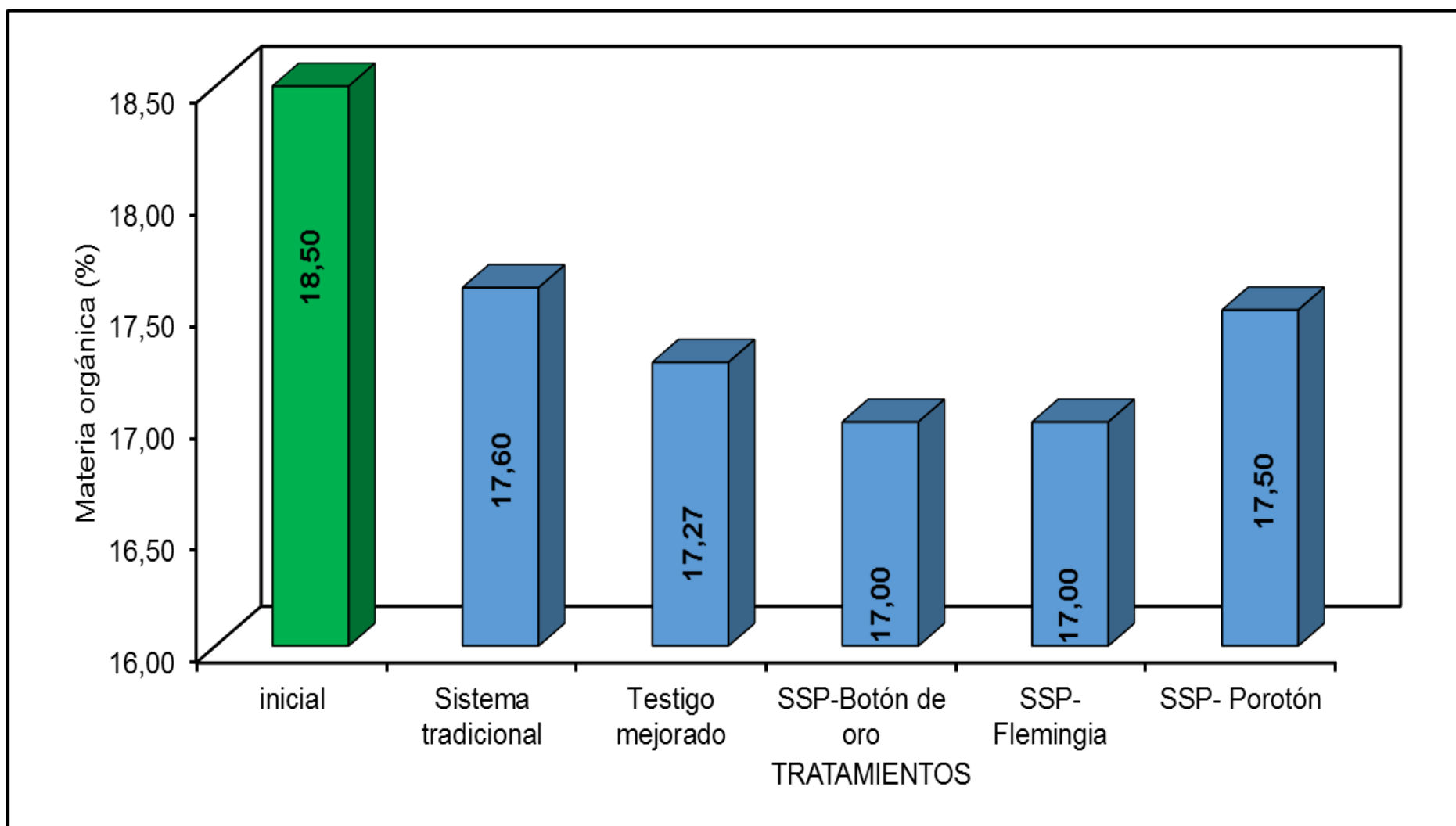


Gráfico 6. Comportamiento del suelo en la variable, contenido de materia orgánica en el suelo (%), en la Granja Experimental de Palora INIAP.

En general el contenido de materia orgánica (MO), del suelo de todos los sistemas silvopastoriles estudiados, es alto ($> 6\%$), pese a existir una disminución ligera de este contenido en los tratamientos, ameritando su pérdida por lo citado por Ríos, Y. (2005), en su investigación de la importancia de las lombrices en la agricultura manifestando que el efecto de las lombrices sobre la estructura del suelo resulta de la acción neta de su alimentación y la actividad de las madrigueras. Ellas ingieren partículas del suelo y materia orgánica, lo cual justifica la disminución de materia orgánica en el suelo.

Caicedo, W. (2013), en los análisis realizados para el contenido de materia orgánica en el suelo, no evidencian diferencias estadísticas significativas ($P > 0,05$), entre los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras versus los sistemas testigos agricultor y mejorado, a las dos profundidades evaluadas, teniendo un contenido de materia orgánica promedio de 19% , superando a los de la presente investigación, quizá esto se deba a que posee mayor densidad lo que es un factor coadyuvante para el incremento de materia orgánica.

e. pH final 0-20 cm

En los estudios realizados para la variable potencial hidrógeno del suelo, no presenta diferencias estadísticas ($P > 0,05$), entre las medias de los tratamientos, valorados a una profundidad de 0 a 20 cm, por lo tanto, no existió influencia de los componentes de los sistemas sobre esta propiedad química del suelo al final de la evaluación, sin embargo de carácter numérico reportando los menores valores de pH de 4,62; 4,63 4,73 y 4,74 para los tratamientos T4, T0, T3 y T2, pH menos ácidos comparados con los del T1 con un pH de 4,83; (gráfico 7).

Sin embargo en el lapso de investigación se puede notar un decremento del nivel de pH en el suelo, pasando de ser un suelo ácido a uno muy ácido según el diagrama de Troug.

Esto se debe a la fertilización con nitrato de amonio que se realizó en todos los tratamientos, lo que se puede justificar a lo indicado por

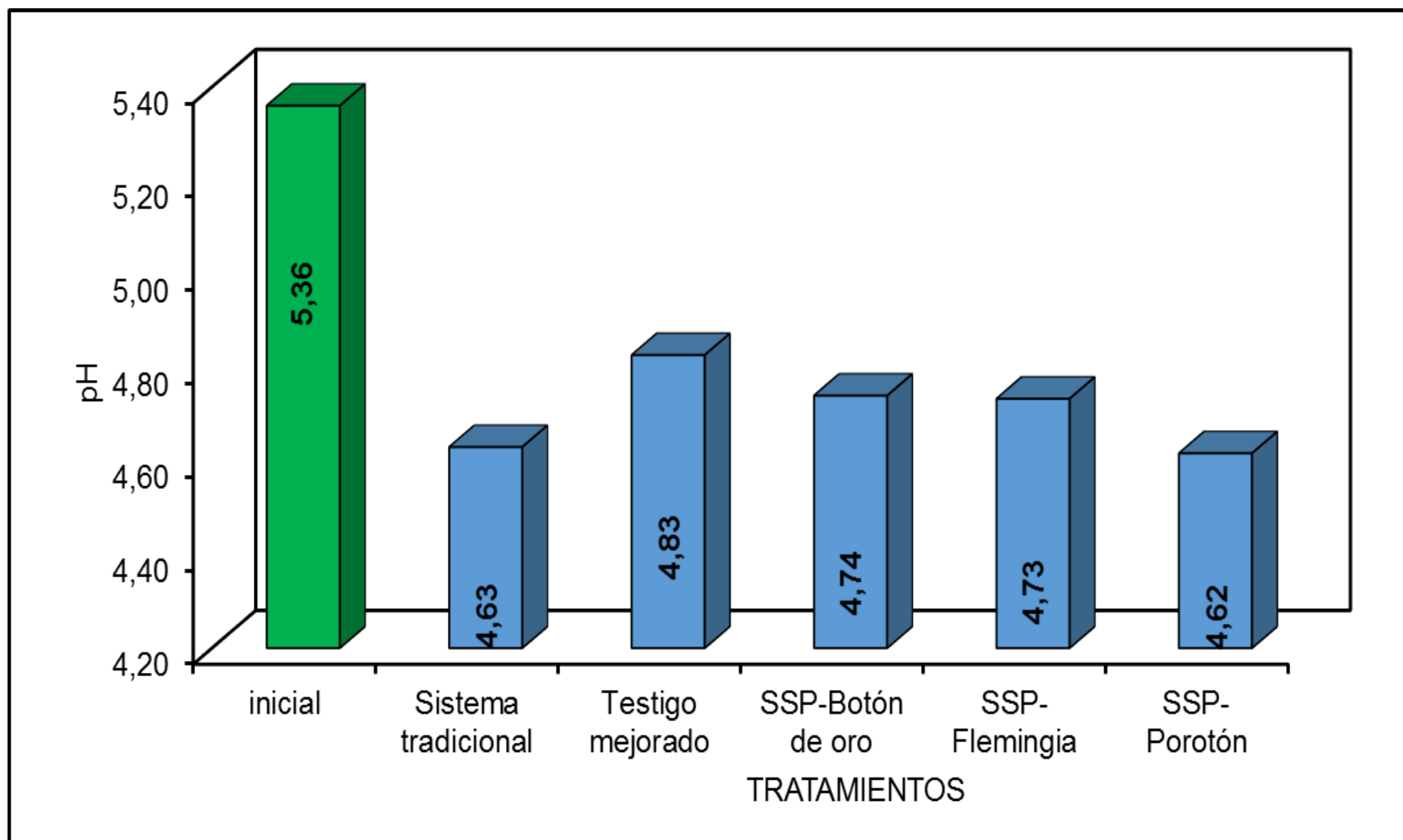


Gráfico 7. Comportamiento del suelo en la variable, pH del suelo, en la Granja Experimental de Palora INIAP.

Hansson, A. (2011), que el uso de fertilizantes amonio (NH_4^+), reaccionan en el suelo en un proceso llamado nitrificación para formar nitrato (NO_3^-), y en el proceso se produce liberación de iones H^+ .

En cuanto al pH, menciona Criollo, N. (2013), en cultivos silvopastoriles tiende a ser más ácido ya que está en constante proceso de descomposición de materia orgánica, razón por la cual en sistemas con especies leñosas señala un pH de 4,5; similar a los de la presente investigación.

3. Análisis biológico del suelo

Ilbañez, J. (2011), indica que los efectos benéficos de las lombrices sobre el crecimiento de las plantas se pueden deber al incremento en la disponibilidad de nutrientes y agua, mejoramiento de la estructura del suelo, estimulación de microorganismos o formación de productos microbiales que aumentan el crecimiento de las plantas, o a la posibilidad de la producción directa de sustancias promotoras del crecimiento (hormonas).

a. Número de lombrices

El número de lombrices, a una exploración de 0 a 20 cm de profundidad, mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$) al final de la evaluación, entre sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras y en sistema tradicional y mejorado, obteniendo el mayor número de lombrices en el T4, T3 y T2 con 8,13; 7,53; 6,4 lombrices m^{-2} , difiriendo significativamente con el T0 y el T1, con 4,13 y 3,87 lombrices m^{-2} , en su orden, lo que permite notar un incremento de la cantidad de lombrices al final de la evaluación (180 días), principalmente en los tratamientos silvopastoriles, posiblemente tengan que ver a que estos presentan mejores condiciones de vida para las lombrices como mayor disponibilidad de materia orgánica en descomposición y niveles óptimos de humedad, (gráfico 8).

Lo mismo que se basa en lo argumentado por <http://www.edafologia.com.ar/>.

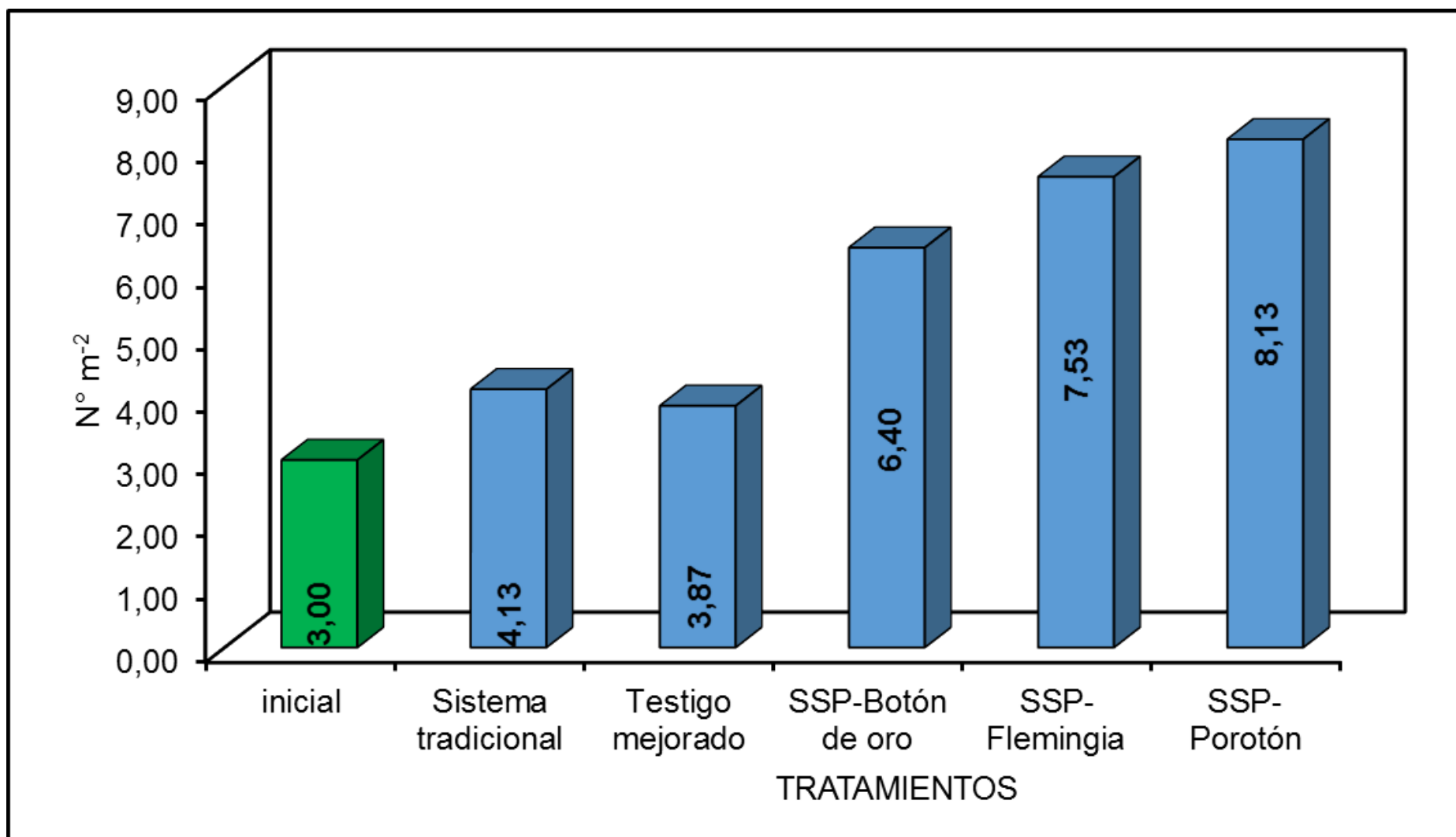


Gráfico 8. Comportamiento del suelo en la variable, numero de lombrices m^{-2} en los diferentes sistemas silvopastoriles evaluados, en la Granja Experimental de Palora INIAP.

(2011), indicando que las condiciones de vida de las lombrices es relativamente amplio, cuyo factor más limitante es la falta de humedad existiendo problemas de supervivencia en suelos desnudos debido a altas temperaturas y sequedad, falta de residuos orgánicos y exposición a sus depredadores.

Datos que al ser comparados con los de Caicedo, W. (2012), alcanza un numero de lombrices de 50 lombrices en épocas máximas de precipitación mientras que en épocas de baja precipitación aumenta a 60 lombrices, datos inferiores a los reportados por Criollo, N. (2013), al evaluar el número de lombrices m^{-2} alcanza un numero de 97,2 lombrices, datos que superan a los de la presente investigación quizás esto se deba a que esta medida se lo realizo en diferentes épocas del año determinando su existencia de acuerdo a diferentes niveles de humedad.

Por su parte Shepherd, G. (2000), manifiesta que las poblaciones de lombrices menores a 100 ejemplares m^{-2} , en los primeros 20 cm del suelo, indican que se trata de un sistema biológicamente degradado, lo que repercute negativamente en sus propiedades físicas; que en comparación a las cantidades encontradas en la investigación muestran en promedio de 7,35 y 4 ejemplares m^{-2} ; para los tratamientos silvopastoriles y tratamientos testigos, respectivamente, lo cual deduce que el estado actual del suelo se encuentra en el rango antes mencionado.

b. Biomasa de lombrices

Los resultados en esta variable siguieron la misma tendencia que la variable anterior, mostrando diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre los tratamientos, presentando su mayor biomasa de lombrices en el T4, con 4,73 gr m^{-2} ; difiriendo con el tratamiento control que alcanza una biomasa de 1,79 gr m^{-2} ; entre los valores intermedios podemos observar al tratamiento T3; T2 y T1; con valores de 3,71; 3,32 y 2,07 gr m^{-2} , respectivamente, (gráfico 9). A lo que se corrobora que las lombrices de tierra benefician la productividad de los pastos porque airean y sueltan el suelo, facilitan la fijación de nitrógeno a las leguminosas, mejoran la penetración del agua en el suelo, incrementan la materia

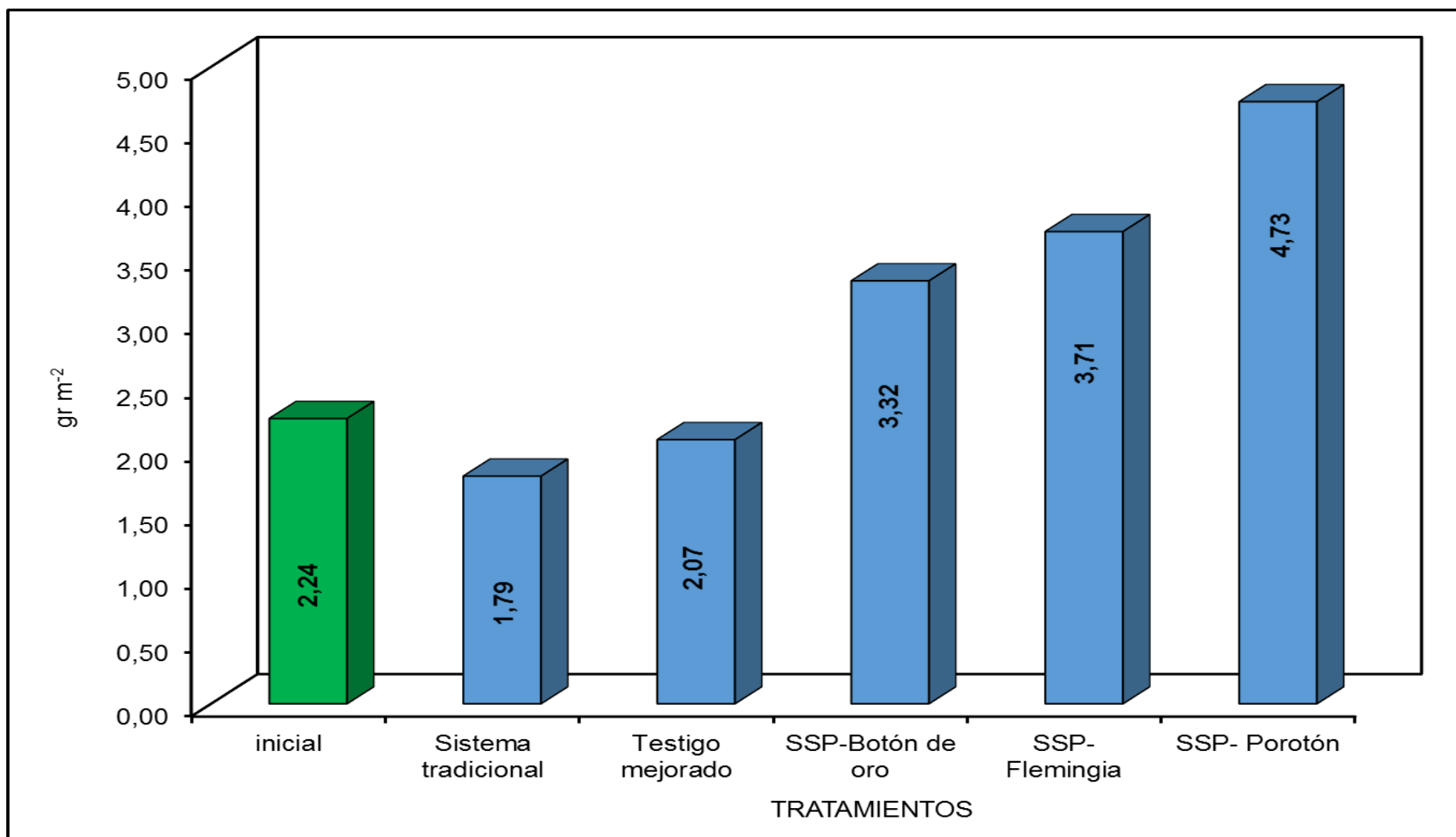


Gráfico 9. Comportamiento del suelo en la variable, biomasa de lombrices gr m⁻², en los diferentes sistemas silvopastoriles evaluados, en la Granja Experimental de Palora INIAP.

orgánica del suelo, descomponen rápidamente el estiércol con lo que se reciclan nutrientes, se reducen los sitios de reproducción de las moscas y consumen nematodos que pueden producir daños en las raíces de las plantas, según Gonzales, J. (2009).

Boshini, C. (2009), en su estudio de población de lombrices, en una finca ganadera en la zona del trópico, reporto que la mayor biomasa de lombrices es de 58,01 g m⁻², con un peso promedio por lombriz de 0,41 gramos, datos que superan a los logrados por Caicedo, W. (2013), que su mayor biomasa de lombrices fue de 27 gramos en el tratamiento testigo mejorado; aun si siendo datos superiores a los de la presente investigación quizás esto se deba a la edad de los sistemas silvopastoriles evaluados, humedad y a la cantidad de materia orgánica en el suelo.

Al respecto, Luna, G. (2012), explica que probablemente los sitios con sombra, que están asociados a la presencia de árboles, son los sitios donde hay mayor producción de materia orgánica, lo cual es un requisito para que se desarrolle una comunidad de lombrices.

B. VALOR BROMATOLÓGICO DE LAS LEGUMINOSAS LEÑOSAS

El valor bromatológico (cuadro 11), de los pastos, no es más que el potencial nutritivo o la cantidad de nutrientes que el alimento aporta al organismo. Es un valor difícil de medir, carente de unidad de medición, y que depende de diversos factores tales como la aportación energética, la proporción de los macro y micronutrientes que contienen carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, agua; además considerando la capacidad de asimilación de dichos nutrientes, teniendo en cuenta por ejemplo intolerancias, alergias y el efecto sobre los diferentes sistemas del organismo especialmente el inmunitario, etc. Expuesto por Sánchez, R. (2012).

1. Materia seca, %

De acuerdo a la variable porcentaje de materia seca, %, reporto diferencias

Cuadro 11. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES, EN LA REGIÓN AMAZÓNICA, COMO ALTERNATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DE LA ACTIVIDAD GANADERA, EN LA GRANJA EXPERIMENTAL PALORA DEL INIAP.

Variables	Sistemas Silvopastoriles (SSP)								E.E	Prob.	Sign.
	T0	T1	T2	T3	T4						
Materia seca (%)	-	-	8,74 a	6,04 b	7,25 ab				0,36	0,0155	*
Proteína cruda (%)	-	-	31,2 a	21,1 b	25,7 b				1,05	0,0064	**
Fibra bruta (%)	-	-	12,8 b	30,2 a	30,5 a				1,13	0,0006	**
Extracto etéreo (%)	-	-	1,57 ab	1,51 a	1,64 b				0,02	0,0358	*
Extracto libre de nitrógeno (%)	-	-	38,6 a	42 a	40,7 a				4,38	0,8654	ns
Contenido de cenizas (%)	-	-	13,8 a	5,27 b	7,08 b				0,5	0,0006	**

E.E: Error estándar.

Prob: Probabilidad.

Sign: Significancia.

Letras iguales no difieren significativamente según Tukey al 5%.

ns: No significativo; *: Significativa (P<0,05); **: Altamente significativa (P<0,01).

T0 (Sistema tradicional); T1 (Testigo mejorado); T2 (SSP - Botón de oro); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Porotón).

T0 y T1: tratamientos en los cuales no hay presencia de leguminosas.

estadísticas ($P \leq 0,05$), siendo el de mayor porcentaje de materia seca el botón de oro con 8,74 %, seguido por el porotón con 7,25 % de materia seca de la y finalmente la flemingia, con una media de 6,04 %, quizás esta variabilidad se deba a las diferentes especies evaluadas, a lo que menciona Burés, S. (2004), un porcentajes altos de humedad en pastos, reduce el porcentaje de materia seca de un pasto, disminuyendo así su valor nutritivo del pasto como también afectando el consumo de materia seca por los animales.

Katto, C. (1995), al evaluar fuentes proteicas en el trópico, señala que el botón de oro por sus características, juega un papel muy importante en el diseño de sistemas sostenibles de producción para nuestro medio, con un alto contenido proteico y una materia seca de 14,8 %, siendo un dato superior al de la presente investigación, quizá esto se deba a la época en la que se desarrolló la investigación.

2. Proteína cruda, %

El análisis de varianza para el porcentaje de proteína, presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de los diferentes sistemas silvopastoriles con leguminosas leñosas en el sector de Palora, encontrándose las respuestas más altas en las leguminosas del botón de oro (T2), con 31,2 % y que desciende a 25,7 y 21,1 %, para las alternativas silvopastoriles con Porotón y Flemingia (T4 y T3), respectivamente.

Navarro, F. y Rodríguez, E. (1990), al evaluar las características agro botánicas del botón de oro , reporta en los análisis bromatológicos una media de 29,48% en prefloración, razón por la cual se han realizado investigaciones en la alimentación de cuyes, mejorando la conversión alimenticia de los mismo, llegando a ser dato similar a los de la presente investigación.

A lo que se puede acotar que existen evidencias de que las especies de plantas como el botón de oro, acumulan tanto nitrógeno en sus hojas elevando la cantidad proteica de esta especie, además de que presentan altos contenidos de fósforo, manifestado por Wanjau, S. (1998), esto varía en su calidad nutritiva, en

dependencia del estado vegetativo en que se encuentre.

3. Fibra bruta, %

El contenido de fibra bruta, en la evaluación de los diferentes sistemas silvopastoriles manejados en la Amazonia, registró diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$), en la cual se identifica que en el tratamiento T4 y T3, logra medias de 30,5 y 30,2 % de fibra bruta; mientras que el menor porcentaje de proteína reportó el T2, con 12,8 %, quizás esta variación se dé a diversos factores como humedad, sombra, etc; que puedan alterar este parámetro.

En general por el estudio llevado a cabo demuestra que el mayor porcentaje de fibra se encuentra en el Porotón y la Flemingia, a lo que adjudica <http://www.fao.org/3/a-x6314s.pdf>. (2015), la leucaena y gliricidia presentan una gran aceptabilidad por los animales además de un valor nutricional. Mostrando los más altos contenidos de M.S. y P.C, durante el primer año de evaluación en relación al resto de leñosas utilizadas, grupo en el que también se incluye la flemingia con la particularidad de presentar también un alto contenido de F.C. por lo que posiblemente se disminuye la aceptabilidad por los animales.

Dato superior al reportado por Peters, M. (2003), que al realizar un análisis proximal determina un porcentaje de 29,65 y 29,45 para el porotón y flemingia de fibra; quizá esto se deba a las condiciones edáficas y climáticas donde se desarrolló las presentes investigaciones.

4. Extracto etéreo, %

El extracto etéreo %, mostró en el análisis bromatológico diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$), por efecto de diferentes sistemas silvopastoriles evaluados en la Granja Experimental Palora del INIAP, se encontró el mayor contenido de extracto etéreo de 1,64 %, al manejar la especie porotón, seguida por el botón de oro con una media de 1,57 %, y finalmente encontrándose la menor cantidad de extracto etéreo de 1,51 % en el establecimiento de la flemingia.

Beer, J. (2003), al manejar diferentes sistemas agroforestales sustentables, en los análisis bromatológicos realizados a las muestras de los diferentes estratos se puede observar que su mayor porcentaje de extracto etéreo de 1,18 %, similares a los reportados en la presente investigación; pero superando a los reportados por Caicedo, W. (2012), que al manejar sistemas silvopastoriles con Flemingia, consigue un valor de 1,21 %.

A lo que se menciona Pierela, M. (2005), que el término extracto etéreo se refiere al conjunto de las sustancias extraídas que incluyen, además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenos, las clorofilas y otros pigmentos.

5. Extracto libre de nitrógeno, %

El análisis estadístico del contenido de extracto libre de nitrógeno, en los pastos de los sistemas silvopastoriles en Palora, no presentan diferencias estadísticas ($P > 0,05$), donde el tratamiento con el mayor valor fue la Flemingia, con medias de 42 %, seguida por el de Porotón; con 40,7 % y finalmente el menor porcentaje de extracto libre de nitrógeno en el botón de oro, con medias de 38,6 %, ante esto debemos recordar que el contenido de extracto libre de nitrógeno son los carbohidratos solubles y vitaminas solubles, lo que afecta a este contenido es la fertilidad y especie forrajera explotada, acotado por Pierela, M. (2005).

6. Contenido de cenizas, %

Contenido de cenizas al ser evaluados por la separación de medias, reporto diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$), en la cual se observa que el mayor contenido de cenizas se logra en botón de oro, con 13,8 %, seguidos por los valores reportados en el porotón y flemingia con porcentajes de 7,08 y 5,27 %, en los sistemas silvopastoriles evaluados en la Granja Experimental INIAP de Palora.

Los contenidos de calcio y fósforo, expresados como porcentaje de la materia seca, disminuían a medida que se desarrollaba la planta, de 2,25% a 1,65% para

el calcio y, de 0,39 a 0,32% para el fósforo. Los valores de magnesio variaban entre 0,046 y 0,069 % de la materia seca, expuesto por Rosales, M. (1992).

Rosales, M. (1992), indica que las cenizas en los alimentos están constituidas por el residuo inorgánico que queda después de que la materia orgánica se ha quemado. Las cenizas obtenidas no tienen necesariamente la misma composición que la materia mineral presente en el alimento original, ya que pueden existir pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los constituyentes.

C. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES

1. Componente forestal

El efecto ecológico más esperado de los árboles en los agroecosistemas tropicales húmedos es, sin dudas, la conservación del suelo. Por un lado, las copas pueden disminuir el impacto de las lluvias que provoca erosión y compactación del suelo. Por el otro, el sistema radicular de los árboles, generalmente denso y profundo, además de evitar el arrastre de las partículas del suelo, tiene el potencial de absorber los nutrientes en las capas más profundas del suelo, Montagnini, F. (1992). Este proceso puede favorecer, mediante el reciclaje de nutrientes, las forrajeras u otros cultivos anuales de enraizamiento superficial, que son sembrados de forma asociada a los árboles, como en los sistemas agroforestales en general o en los sistemas silvopastoriles, en particular, detallado en el (cuadro 12).

a. Crecimiento

A continuación se presenta la curva de crecimiento de las especies forestales usadas (gráfico 10), en la presente investigación, *Pollaslesta discolor* (Pigue), y *Swietenia macrophylla* (ahuano), en el periodo de 180 días, que presenta diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$), observándose el mayor crecimiento en las especies forestales fue el T0, con 80,70; mientras que el resto de tratamientos por la utilización de la especie ahuano, no muestran diferencias

Cuadro 12. COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS SILVOPASTORILES.

Variables	Sistemas Silvopastoriles (SSP)										E.E	Prob.	Sign
	T0		T1		T2		T3		T4				
Forestales													
Crecimiento forestal en 180 días	80,7	a	26,67	b	32,5	b	31,3	b	26,2	b	3,06	<0,0001	**
Engrosamiento (fuste) forestal en 180 días	11,8	a	8,42	b	8,25	b	8,83	b	9,67	ab	0,55	0,01	*
Leñosas y ciclo corto													
Crecimiento en 180 días (cm)	-	-	-	-	190	a	150,4	a	71,9	b	3,06	0,0022	**
Biomasa de leguminosa leñosa, (tMs ha ⁻¹)	-	-	-	-	5,78	a	4,31	b	1,92	c	0,13	0,0001	**
Rendimiento de grano de maíz duro kg ha ⁻¹	320	b	376,9	b	223	b	689	a	639	a	45,67	0,0003	**

E.E: Error estándar

Prob: Probabilidad

Sign: Significancia

Letras iguales no difieren significativamente según Tukey al 5%

ns: No significativo; *: Significativa (P<0,05); **: Altamente significativa (P<0,01).

T0 (Sistema tradicional); T1 (Testigo mejorado); T2 (SSP - Botón de oro); T3 (SSP - Flemingia); T4 (SSP - Porotón).

En el T0 y T1: hay ausencia de especies leñosas de ciclo corto.

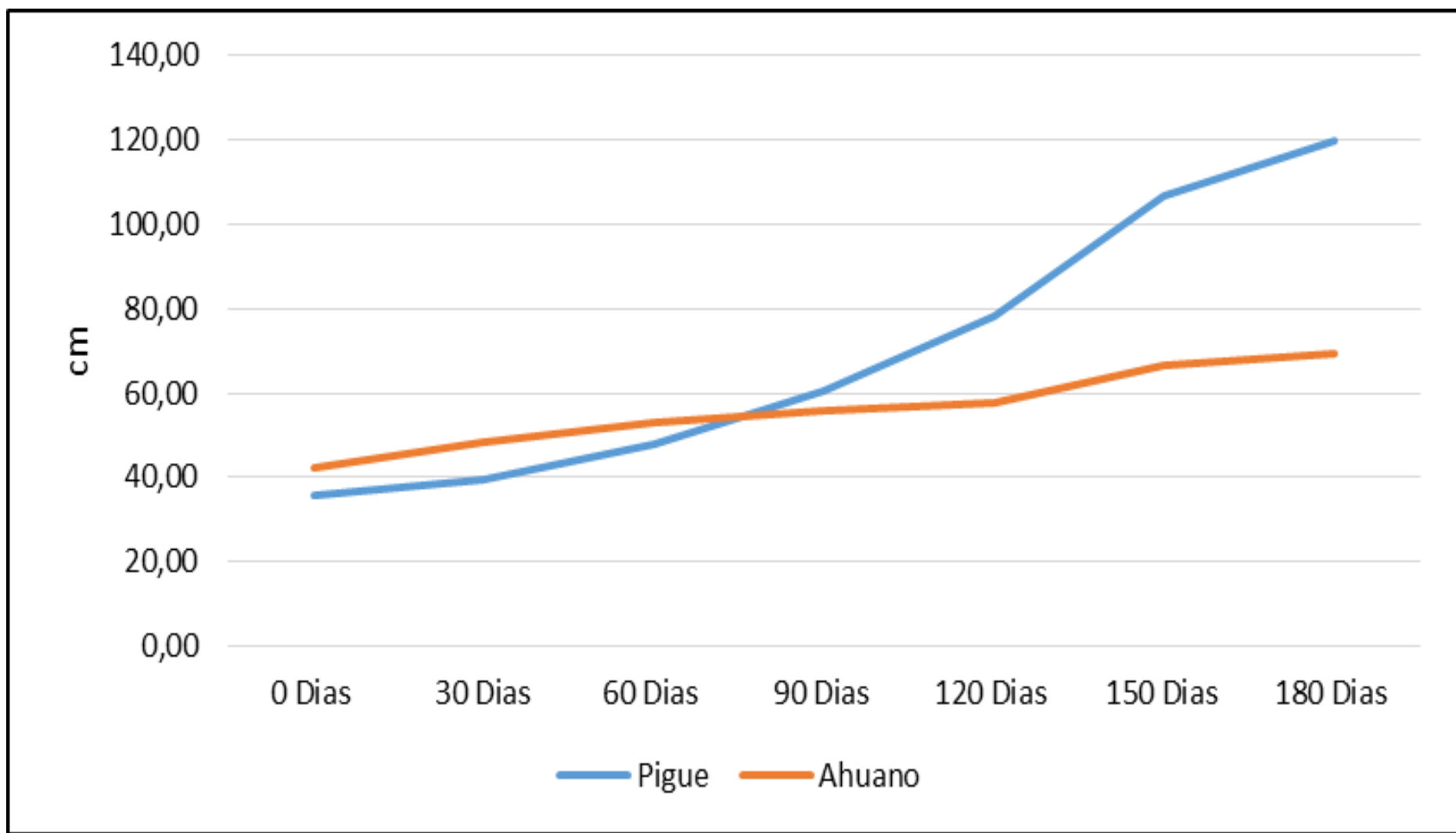


Gráfico 10. Crecimiento de las especies forestales, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

entre ellos teniendo crecimientos de 26,67; 32,5; 31,3 y 26,2 para los T1, T2,T3 y T4 respectivamente.

Luego de siete evaluaciones realizadas, los árboles, que en promedio median 38,96 cm a la primera evaluación llegaron a medir, para el pigue, en promedio 129,50 cm con un incremento de 80,70 cm y para el ahuano 69,46 cm con un incremento de 30,50 cm, al final del periodo de estudio, notándose que el pigue tiene un crecimiento más precoz en comparación con la forestal ahuano.

Cabe indicar que durante la fase de investigación, las forestales fueron sometidas a podas con el objetivo de acelerar su crecimiento, ya que según lo manifestado por <http://www.fundefma.com.ar/admin/imagenes/poda.pdf>. (2010), dando una forma adecuada a los árboles durante el crecimiento, donde se eliminan de manera sistemática de tiempo en tiempo aquellas ramas laterales en exceso nos permitirá tener un mayor crecimiento en altura y engrosamiento de fuste, que dependerá del tipo de árbol y el propósito perseguido.

b. Diámetro del fuste

A continuación se muestra la curva de engrosamiento del diámetro del fuste en el periodo de evaluación de las forestales usadas en el investigación, *Pollaslesta discolor* (Pigue) y *Swietenia macrophylla* (ahuano), (gráfico 11).

En cuanto a esta se puede notar que el diámetro del fuste a los 180 días, presenta diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$), consiguiendo la mejor eficiencia en cuanto al engrosamiento la especie de Pigue evaluado en el T0; con 11,8 mm difiriendo con los tratamientos principalmente con el T1; T2; T3, que consiguen un fuste de 8,42; 8,25 y 8,83 mm, en su orden, además en el T4 se evidencia un engrosamiento intermedio de 9,67 mm.

Finalmente se puede observar el crecimiento del diámetro del fuste de las forestales ahuano y pigue, ajustado en base al número de evaluaciones vs diámetro de fuste (mm), en el periodo que duró la investigación (180 días); los árboles, que en promedio median 5.02 mm a la primera evaluación llegaron a

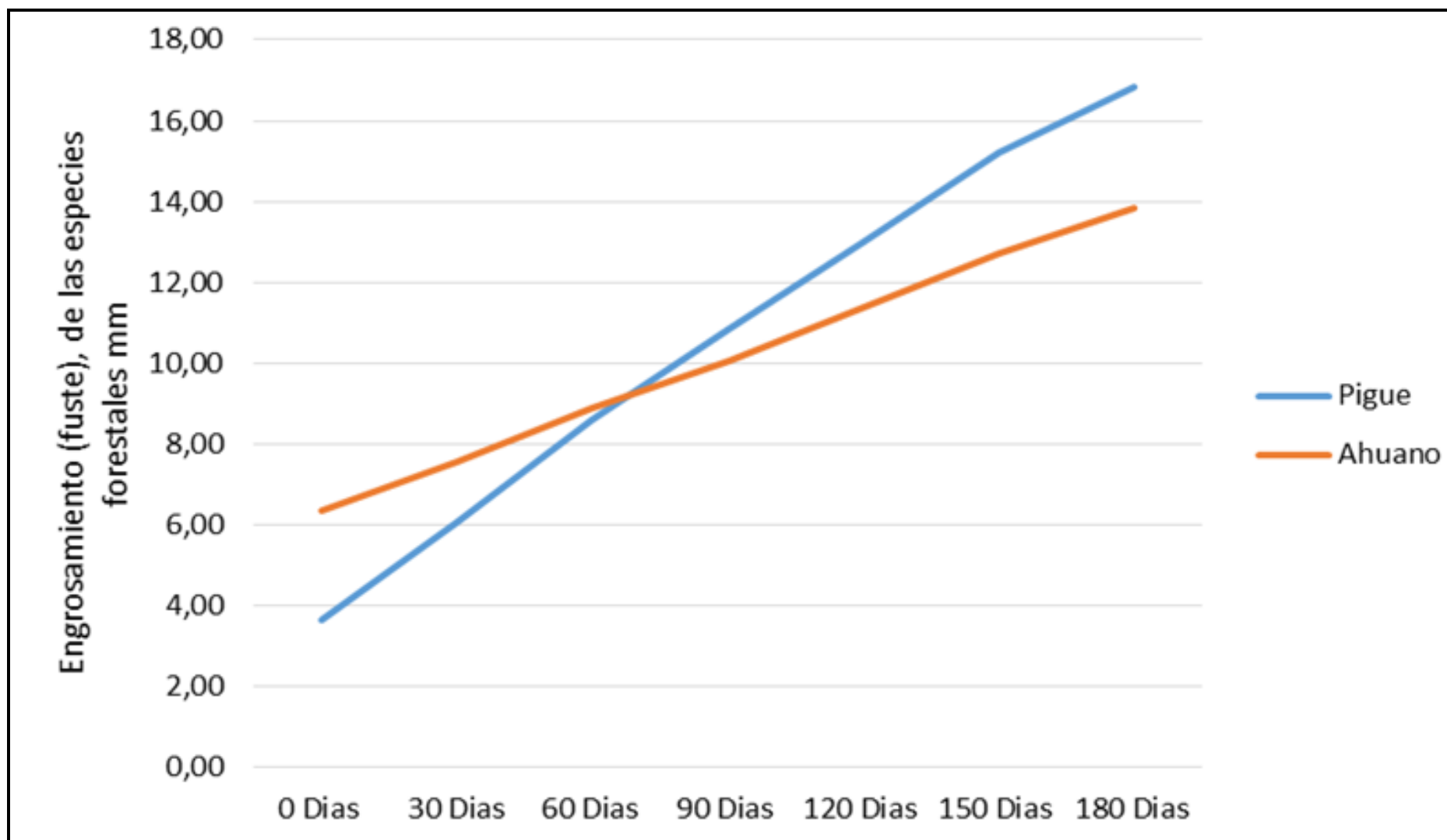


Gráfico 11. Engrosamiento (fuste), a los 180 días de las especies forestales, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

medir, para el pigue; 17,50 mm con un incremento de 11,80 mm y para el ahuano; 13,82 mm con un incremento de 8,80 mm, al final del periodo de estudio, notándose que el pigue tiene un engrosamiento más precoz en comparación con la forestal ahuano.

En si al observar las curvas de crecimiento y diámetro del fuste de las especies forestales en los tratamientos estudiados, en la etapa de evaluación, se puede deducir que no es visible una acción negativa en el desarrollo de estas y en la interacción entre los otros componentes del ensayo (suelo, cultivo de ciclo corto, leguminosas leñosas), corroborando lo manifestado por Lok, S. (2006), que los árboles en sistemas silvopastoriles, cumplen funciones ecológicas de protección del suelo, disminuyen los efectos directos del sol, el agua y el viento. También de lo mencionado por Crespo, G. (2003), que pueden modificar las características físicas del suelo como su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos) e incrementan los valores de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K.

Otros estudios realizados por Alvim, M. et al. (2004), indican que las forestales ayudan a un mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y mayor disponibilidad del pasto cuando éstos se encontraron asociados a especies arbóreas, debido a la mejora de la fertilidad del suelo y a las condiciones de sombra que se crean en el agroecosistema.

Por otro lado, el efecto de los árboles en la fertilidad del suelo no solo debe esperarse en las capas superficiales, sino que esto puede ocurrir en capas más profundas en la medida que el tiempo de explotación del sistema aumenta; Carvalho, M. et al. (2003), señalaron este fenómeno al estudiar un silvopastoreo de *Acacia mangium* y *Brachiaria decumbens*.

En los tratamientos T0 (INIAP 553 (*Zea mays*)+ pigue (*Pollalesta discolor*)) y el tratamiento T1 (INIAP 553 (*Zea mays*)+ ahuano (*Swietenia macrophylla*)); no registraron valores de crecimiento a los 180 días y biomasa de leguminosas leñosas, ya que estas especies no se encuentran establecidas en estas unidades experimentales.

2. Componente leñosas forrajeras

a. Crecimiento

El crecimiento a los 180 días, en las especies leñosas de los sistemas silvopastoriles en la Zona de Palora, reportan diferencias estadísticas altamente significativas ($P < 0,01$), entre los tratamientos, es así que el mayor crecimiento fue en el sistema silvopastoril con la asociación del botón de oro, con 190 cm; seguido por el manejo de flemingia en los sistemas, que fue un crecimiento de 150,4 cm, para ubicarse el de menor crecimiento el portón con un crecimiento de 71,9 cm en los sistemas silvopastoriles evaluados, (gráfico 12).

A lo que puede mencionar Correa, A. (2004), son hierbas perennes, erectas, 1–4 m de alto; tallos evidentemente acostillados, casi glabros. Mientras que para Rodríguez, E. (2010), *Tithonia diversifolia* fue introducida a las Indias Occidentales y a Ceylan. Esta especie fue descrita como planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, hojas alternas, pecioladas, las hojas en su mayoría de 7,0 a 20 cm de largo y; de 4,0 a 20,0 cm de ancho, datos que se asemejan a los de la presente investigación ya que esto dependerá mucho de las condiciones climáticas y edáficas para su desarrollo.

b. Biomasa

El análisis de varianza muestra diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), en la producción de las alternativas silvopastoriles al primer corte de aprovechamiento (180 días) en su etapa de establecimiento.

En el periodo de estudio (6 meses), la alternativa silvopastoril que presentó mayor rendimiento de forraje en materia seca fue el sistema con botón de oro (5,81 tMs ha⁻¹), descendiendo a los tratamientos con flemingia (4,16 tMs ha⁻¹) y porotón (1,77 tMs ha⁻¹).

En lo que respecta a la producción de botón de oro, estudios realizados por Ríos,

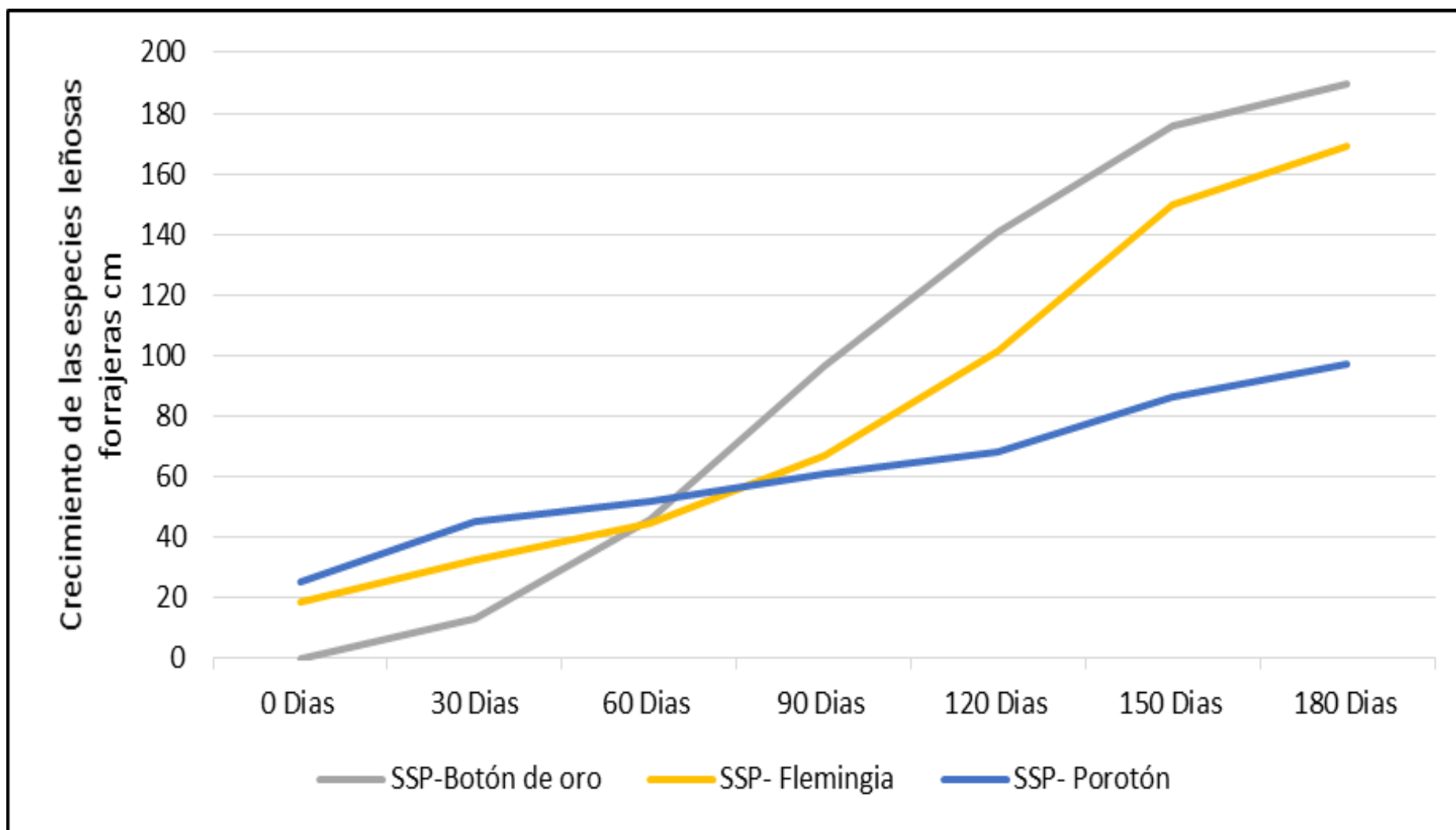


Gráfico 12. Crecimiento a los 180 días de las especies leñosas forrajeras, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

C. (2002), sobre la producción de biomasa comestible de tMs ha⁻¹ *T. diversifolia* a la época de floración (110 días) obtuvo rendimientos de 5,63 y 4,85 tMs ha⁻¹ a densidades de siembra de 1,77 y 1,33 plantas m⁻², respectivamente; lo cual indica resultados inferiores a los obtenidos en la presente investigación, debido a la época de aprovechamiento (180 días), lo cual permite más tiempo para la elaboración de follaje.

Por su parte el Programa de Forestería de la Estación Experimental Central de la Amazonía del INIAP, en evaluaciones de producción realizadas en bancos de especies forrajeras arbustivas a una densidad de siembra (1m x 1m), ubicados en la Parroquia San Carlos – Joya de los Sachas en el 2011, a la edad de 90 días se reportaron producciones en flemingia de 20,4 tMs ha⁻¹; estas producciones son superiores a las encontradas en la presente investigación, debido a la diferente densidad de siembra, además a la edad y frecuencia de aprovechamiento de estas leñosas forrajeras en estudio. Al respecto Caicedo, W. (2012), en evaluaciones de alternativas silvopastoriles en el Sacha, demuestra producciones en flemingia de 0,29 tMs ha⁻¹, datos inferiores a los mostrados en esta investigación debido a que la densidad de siembra es muy baja, por lo cual se recomendó ;en evaluaciones posteriores, aumentar dicha densidad de siembra.

Mientras que para el porotón, es necesario notar que en la región de estudio llegó a perder sus hojas debido posiblemente a que es una especie caducifolia, o sea que pierde sus hojas durante las épocas más secas, lo que decae en su baja productividad de forraje según asevera Loján, L. (2008).

3. Componente de ciclo corto

a. Rendimiento en grano

El rendimiento en grano de maíz INIAP híbrido 553, gráfico 13, presentó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), entre tratamientos, en la evaluación de las alternativas silvopastoriles en su etapa de establecimiento, en el gráfico 13 se muestran las producciones promedio por tratamiento.

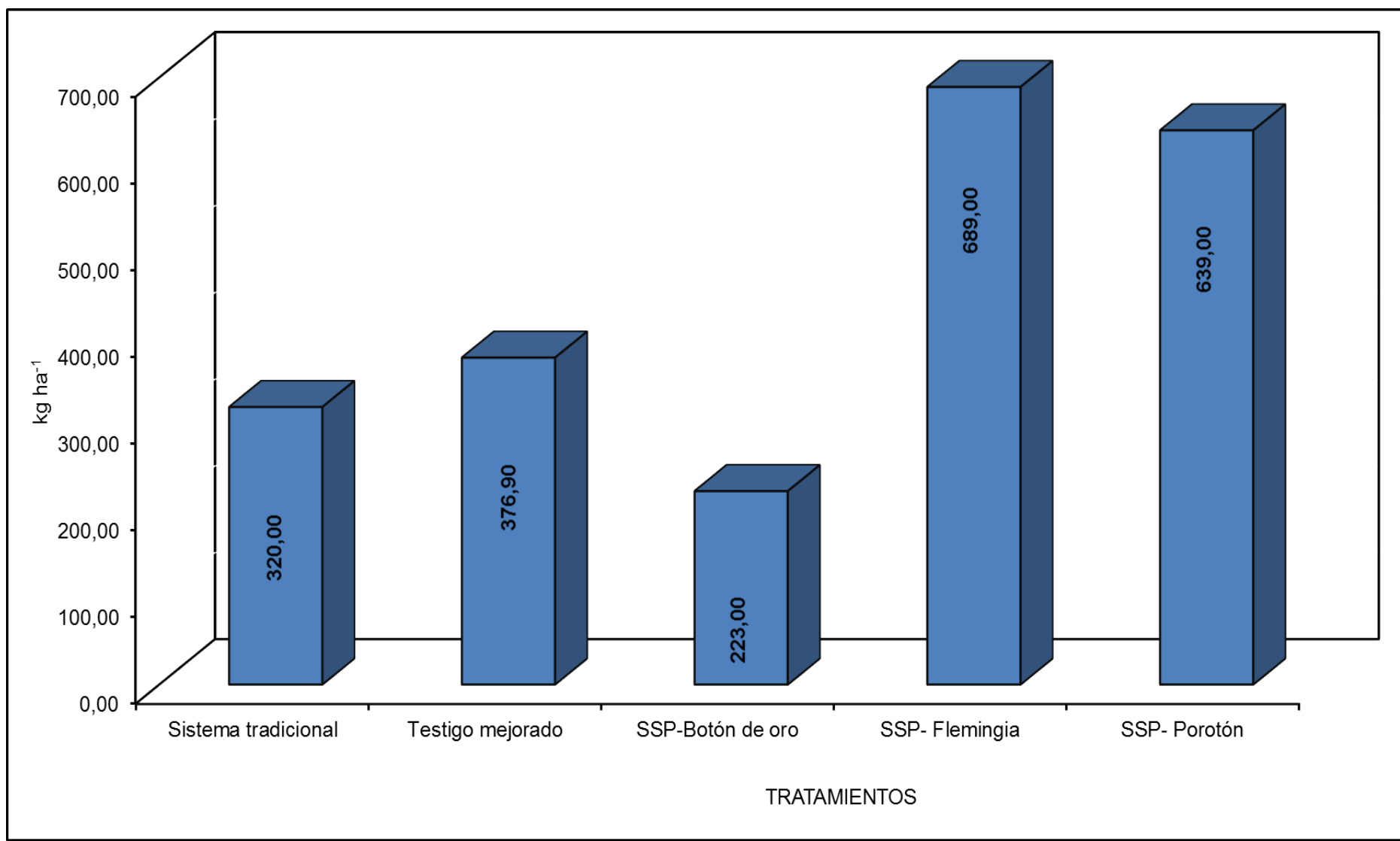


Gráfico 13. Rendimiento de grano de maíz, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

Se puede evidenciar que las mejores producciones de grano de maíz se las obtiene en los sistemas silvopastoriles con flemingia ($689,00 \text{ Kg ha}^{-1}$), seguidos del sistema porotón ($639,00 \text{ Kg ha}^{-1}$), lo que evidencia que los rendimientos de cultivos, en este caso ciclo corto, son mayores al ser asociados con este tipo de leguminosas leñosas, en comparación a ser tratados como cultivo solo.

Mayores rendimientos de grano, provecho de la asociación, se pueden evidenciar con investigaciones realizadas por Noriega, C. et al. (2010), en la producción de maíz, manifiesta que la asociación favorece fuertemente al suelo, al proporcionar nitrógeno a través de la simbiosis entre bacterias fijadoras de nitrógeno y la raíz de la leguminosa; que también acidifica el suelo, liberando con esto nutrientes como el fósforo fijado en el suelo e incrementa el contenido de materia orgánica.

Por otra parte <http://www.monografias.com/trabajos99/sistema-produccion-maiz-frijol/sistema-produccion-maiz-frijol.shtml#ixzz3c2FBH0Kv>. (2015), en el estudio de sistemas de producción maíz- frijol, indica que el rendimiento de maíz fue superior al obtenido por el productor cuando ha sembrado de forma tradicional, el cual representó un 51% más que lo cosechado por dicho productor, para el caso del frijol no hubo impacto significativo ya que el rendimiento se comportó igual que cuando se siembra de forma tradicional; justificando lo mencionado en párrafos superiores.

D. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN, EN LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

Observando el cuadro de correlación (cuadro 13), para la biomasa tMs ha^{-1} , se diferencia claramente una correlación de 0,99; con la variable crecimiento de leñosas a los 180 días, siendo este un valor significativo o que demuestra que a medida que se incrementa el crecimiento, se refleja positivamente en una mejor producción de biomasa tMs ha^{-1} .

La correlación que se evidencia entre el crecimiento y biomasa tMs ha^{-1} , con la producción primaria de materia seca, %, es significativa con una relación alta de $r= 0,89$ y $0,87$; lo que indica que a medida que crece más, aumenta la biomasa disponible, y por ende en la producción de materia seca, %, ($P<0,01$).

Cuadro 13. ANALISIS DE CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES EN ESTUDIO.

	C 180	B tMsha ⁻¹	Ms	PC	FC	E.E	ELN	C	Ckgf cm ⁻²	BL	# L	D	N	P	K	pH	MO	CF	EF	R
C 180	1																			
B tMsha ⁻¹	0,99	1																		
Ms	0,89	0,87	1																	
PC	0,88	0,88	0,99	1																
FC	0,59	0,54	0,76	0,75	1															
EE	0,84	0,82	0,97	0,97	0,87	1														
E.L.N	0,83	0,82	0,94	0,94	0,88	0,97	1													
C	0,88	0,89	0,93	0,94	0,47	0,83	0,79	1,00												
C kgfcm ⁻²	-0,26	-0,23	-0,39	-0,39	-0,69	-0,51	-0,54	-0,16	1,00											
BL	0,52	0,51	0,78	0,79	0,88	0,86	0,82	0,57	-0,53	1										
# L	0,65	0,62	0,84	0,83	0,95	0,91	0,90	0,60	-0,61	0,92	1									
D	-0,13	-0,18	-0,04	-0,11	-0,12	-0,06	-0,12	-0,05	0,08	-0,10	-0,24	1								
N	0,22	0,22	0,05	0,03	-0,09	0,01	0,05	0,10	0,35	-0,05	0,05	-0,17	1							
P	0,10	0,09	0,03	0,04	0,06	0,00	0,00	0,02	-0,03	0,00	0,11	-0,36	-0,14	1						
K	-0,33	-0,37	-0,32	-0,36	-0,31	-0,39	-0,42	-0,30	0,43	-0,25	-0,25	0,09	-0,19	0,51	1					
pH	0,10	0,05	-0,09	-0,11	-0,18	-0,12	-0,10	-0,02	0,10	-0,34	-0,33	0,53	-0,24	0,15	0,11	1				
MO	-0,27	-0,26	-0,17	-0,18	-0,04	-0,17	-0,16	-0,24	0,17	0,14	0,12	-0,21	0,51	0,27	0,34	-0,50	1			
CF	-0,43	-0,41	-0,53	-0,52	-0,51	-0,55	-0,55	-0,43	0,58	-0,57	-0,50	-0,28	0,34	-0,21	-0,06	-0,29	0,11	1		
EF	-0,53	-0,49	-0,44	-0,41	-0,25	-0,38	-0,36	-0,44	0,41	-0,23	-0,29	-0,27	0,09	-0,19	-0,06	-0,41	0,16	0,80	1	
R	0,11	0,04	0,24	0,23	0,77	0,43	0,47	-0,09	-0,76	0,53	0,59	-0,04	-0,33	0,04	-0,27	0,05	-0,17	-0,36	-0,07	1

C180: crecimiento a los 180 días; B tMsha⁻¹: biomasa de materia seca; Ms: materia seca; PC: proteína cruda; FC: fibra cruda; EE: extracto etéreo; ELN: extracto libre de nitrógeno; C: cenizas; Ckgfcm⁻²: compactación final; BL: biomasa lombrices; #L: número de lombrices; D: densidad grcc final; N: Nitrógeno (ppm) final; P: P (ppm) final; K: K (meq/100ml) final; pH: pH final; MO: materia orgánica final; CF: Crecimiento forestal en 180; EF: Engrosamiento (fuste); R: Rendimiento kgha⁻¹.

La asociación que se presenta, entre el crecimiento y biomasa tMs ha⁻¹ a los 180 días, con el contenido de proteína, es significativa con una relación alta de $r=0,88$; lo que indica que a medida que se desarrollan aumenta la biomasa, incrementará el porcentaje de proteína, así como también guarda una relación con la producción de materia seca, %, teniendo una significancia positiva alta, lo que demuestra que a menor humedad del pasto se mejor calidad del mismo con referente a porcentaje de proteína forrajeras ($P<0,01$).

La correlación que existe entre el engrosamiento (fuste), con el crecimiento forestal, se pudo observar que es significativamente alta con $r= 0,80$; lo cual nos muestra que a mayor crecimiento del forestal tendremos un incremento en el engrosamiento (fuste), del mismo, proporcionando de esta manera mayor sombra y disponibilidad de alimento para los semovientes ($P<0,01$).

E. EFICIENCIA ECONÓMICA

1. Uso de mano de obra

Se presenta la cantidad de mano de obra por hectárea requerida para el manejo de los sistemas silvopastoriles estudiados, el sistema silvopastoril que requirió mayor cantidad de esta fue el porotón (58,20), posteriormente los sistemas silvopastoriles flemingia (53,62), botón de oro (53,62), para finalmente ubicarse los sistemas silvopastoriles testigo mejorado y agricultor con un requerimiento similar de 29,46 jornales ha⁻¹, (cuadro 14).

2. Insumos internos y externos

Los insumos externos utilizados en los sistemas silvopastoriles con presencia de leñosas forrajeras fueron esencialmente los mismos por tratarse de manejos similares, a diferencia de los sistemas silvopastoriles testigos tanto mejorado como agricultor, (cuadro 15).

Cuadro 14. USO DE LA MANO DE OBRA.

Concepto	T0	T1	T2	T3	T4
Balizado	0,00	0,00	0,67	0,67	0,67
Siembra de leguminosas leñosas	0,00	0,00	2,00	2,00	2,00
Siembra de forestales	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Control de malezas, moto guadaña	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Coronación de plantas	0,03	0,03	1,31	1,31	1,31
Control de malezas químico	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Siembra de maíz	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Fertilización nitrogenada maíz	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Control fitosanitario-podas	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Fertilización foliar	0,00	0,00	0,33	0,33	0,33
Cosecha de maíz	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Coronación de plantas	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
Corte de igualación	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
Total jornales/tratamiento	6,43	6,43	11,71	11,71	12,71
Total jornales/hectárea	29,46	29,46	53,62	53,62	58,20

Cuadro 15. INSUMOS INTERNOS Y EXTERNOS.

Actividad	Insumo	Unidad Ha ⁻¹	T0	T1	T2	T3	T4
Siembra leguminosas forrajera	Planta- estaca	Planta	0	0	2061	2061	2061
Siembra de forestal	Planta	Planta	164,83	164,83	164,83	164,83	164,83
Control de malezas, moto guadaña	Combustible	Galones	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49
Control de malezas químico	Glifosato	Galones	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Siembra de maíz	Semilla	Kg	13,74	13,74	13,74	13,74	13,74
Control de malezas químico	Gramila	Litros	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Control de malezas químico	Gramoxone	Litros	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Fertilización nitrato de amonio	Nitrato de amonio	Quintales	3,66	3,66	3,66	3,66	3,66
Fertilización 10-30-10	10-30-10	Quintales	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83
Control fitosanitario	Cipermetrina	Litros	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Fertilización foliar	Humita	Litros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69
Fertilización foliar	Stimufol	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23
Fertilización foliar	Kocide	Kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18
Fertilización foliar	Dimetoato	Litros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,46
Fertilización nitrogenada maíz	Nitrato de amonio	Quintales	5,49	5,49	5,49	5,49	5,49

3. Valor de la producción

La evaluación de producción en la fase de establecimiento (180 días), mostró valores superiores en el sistema silvopastoril con botón de oro (2031,92 USDha⁻¹), seguidos de los sistemas compuestos por flemingia (1750,07 USD ha⁻¹) y porotón (996,81 USD ha⁻¹); en comparación al sistema testigo agricultor (144,32 USD ha⁻¹) y mejorado (240,70 USD ha⁻¹), los mismos que reflejan solo la producción del cultivo de ciclo corto.

Para el precio de la leñosa se estimó aumentando el 10 % al precio del heno de la pastura (15 kg de peso a un precio de 5 USD ha⁻¹), por tratarse de un forraje de mayor valor nutritivo y por no encontrarse fuentes en las que se encuentre precios a este tipo de forrajes, y para el grano de maíz se lo estableció el precio del mercado (50 centavos el kilo), (cuadro 16).

4. Ingresos netos

Existen costos extras en el manejo de los sistemas silvopastoriles, especialmente en el momento de la implementación de las leguminosas leñosas que requieren mano de obra a diferencia de los tratamientos testigo y mejorado a más de la aplicación de ciertos insumos en el manejo de estas, lo cual incrementa los costos de producción.

Se presentan los ingresos netos obtenidos y el indicador beneficio costo, en la etapa de establecimientos de los sistemas silvopastoriles estudiados, (cuadro 17).

Así los sistemas silvopastoriles que mayores costos variables presentaron son, porotón (863,24 USD ha⁻¹), flemingia (797,15 USD ha⁻¹) y botón de oro con (758,00 USD ha⁻¹), mientras que los sistemas tradicional y mejorado con (743,52 USD ha⁻¹), cada uno. Estos menores costos variables en los dos últimos sistemas se deben a que solo se manejó el cultivo de ciclo corto y por ende los mismos valores.

Los ingresos netos obtenidos en la evaluación fueron para el sistema conformado

Cuadro 16. VALOR DE PRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.

Concepto	Unidad	T0	T1	T2	T3	T4
Rendimiento Promedio Leñosa (Ms)	kg ha ⁻¹	0	0	5803,10	4333,55	2138,9
Rendimiento Promedio de maíz	kg ha ⁻¹	319,92	376,88	223,31	689,10	638,74
Rendimiento ajustado 10 % leñosa	kg ha ⁻¹	0,00	0,00	5222,80	3900,20	1925,01
Rendimiento ajustado 10% maíz	kg ha ⁻¹	287,93	339,19	200,98	620,19	574,86
Precio venta mercado leñosa	USD kg ⁻¹	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Precio venta mercado maíz	USD kg ⁻¹	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
BENEFICIO LEÑOSA	USD ha ⁻¹	0,00	0,00	1932,43	1443,07	712,25
BENEFICIO MAIZ	USD ha ⁻¹	142,52	167,90	99,48	307,00	284,56
TOTAL	USD ha ⁻¹	142,52	167,90	2031,92	1750,07	996,81

Cuadro 17. INGRESOS NETOS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES.

Concepto	T0	T1	T2	T3	T4
Beneficio ajustado leñosa	-	-	1932,43	1443,07	712,25
Beneficio ajustado maiz	142,52	167,90	99,48	307,00	284,56
Total	142,52	167,90	2031,92	1750,07	996,81
Costos totales	743,52	743,52	758,00	797,15	863,24
Ingresos netos/ha	601,00	575,63	1273,92	952,92	133,57
Beneficio/Costo	0,00	0,00	2,68	2,20	1,15

por botón de oro (1273,92 USD ha⁻¹), seguido de flemingia (952,92 USD ha⁻¹), y porotón (133,57 USD ha⁻¹), pero para los tratamientos tradicional y mejorado no existen ingresos, de hecho hay pérdida puesto que en estos solo se reporta maíz duro.

5. Beneficio/ costo

Los sistemas silvopastoriles evaluados en la etapa de establecimiento (180 días) muestran rentabilidad, siendo estos, para el sistema con botón de oro (2,68), flemingia (2,20) y porotón (1,15), mientras que los sistemas testigo y mejorado no muestran rentabilidad por cuestiones antes mencionadas.

V. CONCLUSIONES

1. El análisis físico del suelo, reporta que el mejor sistema silvopastoril es el T3 (INIAP 553 (*Zea mays*)+ Ahuano (*Swietenia macrophylla*)+Flemingia (*Flemingia macrophylla*)), ya que consigue el menor valor de compactación ($28,61 \text{ kgf cm}^{-2}$) y una densidad final a los 0- 20 cm de profundidad de $0,51 \text{ gcm}^{-3}$.
2. El análisis químico del suelo, se observa que los mayores de niveles de nutrientes están en el T0 (INIAP 553 (*Zea mays*) + Pigue (*Pollalesta discolor*)), en cuanto a nitrógeno (70,33 ppm), fosforo (8,17 ppm), potasio (0,17 meq 100 ml^{-1}), además un pH ácido de 4,63.
3. El número y la biomasa de lombrices presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), mostrando los resultados más eficientes en cuanto al análisis biológico del suelo con medias de 8,13 lombrices m^{-2} y 4,73 gr m^{-2} de biomasa, en su orden para el tratamiento T4 (INIAP 553 (*Zea mays*), Ahuano (*Swietenia macrophylla*) + Eritrina (*Erythrina schimpffii*)).
4. En la productividad de los diferentes sistemas silvopastoriles, se reporta que el mayor crecimiento a los 180 días (190 cm), biomasa de las leguminosas ($5,78 \text{ tMs ha}^{-1}$), se presenta en el T2 (SSP- botón de oro); considerando el rendimiento del *Zea mays*, se observa que la mayor producción de grano de maíz se presenta en el T3, con $0,689 \text{ t ha}^{-1}$.
5. El análisis bromatológico de los sistemas silvopastoriles, presentan los mejores resultados con la utilización del botón de oro con un porcentaje de materia seca (8,74 %), proteína (31,16 %), cenizas (13,78 %) y el menor porcentaje de fibra (12,76 %).
6. El análisis económico indica para la producción de los sistemas silvopastoriles en la Amazonia, registra la beneficio costo de 2,68; lo mismo que quiere decir que por cada dólar invertido existe una rentabilidad de 1,68 centavos de dólar, conseguido en el T2 (SSP- Botón de oro).

VI. RECOMENDACIONES

1. Efectuar el establecimiento de sistemas silvopastoriles porque permiten desarrollar ganaderías sustentables y sostenibles con el medio y el desarrollo económico.
2. Utilizar el sistema silvopastoril en asociación con el botón de oro y la flemingia, ya que se logró las mejores respuestas productivas de crecimiento, biomasa de las leñosas y mayor desarrollo del *Zea mays*, incrementando la rentabilidad económica.
3. Fortalecer y motivar la participación de comunidades aledañas, en el proceso de tomas de decisiones tecnológicas y de gestión ambiental, conservando el medio ambiente y el recurso hídrico.
4. Continuar investigando alternativas silvopastoriles con otros tipos de pasturas y leñosas forrajeras para la región amazónica, sierra y costa y en diferentes épocas de evaluación.

VII. LITERATURA CITADA

1. ALVIM, M., PACIULLO, D., CARVALHO, M. y XAVIER, D.(2004). Influence of different percentages of trees cover on the characteristics of a *Brachiaria decumbens* pasture. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Mérida, Universidad Autónoma de Yucatán, pp 179.
2. AMERICAN, C. (2007). Moore, Heather. "You Can't Be a Meat-Eating Environmentalist." <http://www.americanchronicle.com>. [Fecha de consulta: 23 de abril 2015].
3. ANDERSON, E. (1946). Maíces - Biodiversidad Mexicana, <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/maices/maiz.html>. [Fecha de consulta: 23 de abril 2015].
4. AREVALO, V. (1999). Potencial de los huertos caseros para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo, pp 55-60.
5. BERNAL, L. (2007). "Efecto de las mezclas de leguminosas *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratilia argétea* y *Vigna unguiculata* ensiladas y henificadas sobre los parámetros de fermentación ruminal in vitro y producción de leche en bovinos. Disponible en: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/thesis/MS_0245_2007.pdf. [Fecha de consulta: 23 de abril 2015].
6. BEER, J., HARVEY, C., IBRAHIM, M., HARMAND, J., SOMARRIBA, E. y JIMÉNEZ, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. Agroforestería en las Américas. pp 37-38.
7. BOSHINI, C. (2009). Población de lombrices (oligochaeta: annelida) en una finca con bovinos lecheros en Costa Rica, pp 20-23.

8. BENZ, F. (2011). Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. PNAS Volumen 98, Número 4, pp 104–106.
9. BURÉS, S. (2004). La Descomposición de la Materia Orgánica. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.inforganic.com/node/484>. [Fecha de consulta: 23 de abril 2015].
10. CAICEDO, W. (2012). Evaluación de sistemas silvopastoriles como alternativa para la sostenibilidad de los recursos naturales, en la Estación Experimental Central de la Amazonía, del INIAP. Disponible en: dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2274/1/17T1162.pdf. [Fecha de consulta: 22 de agosto 2015].
11. CARVALHO, M., XAVIER, D. y ALVIM, M. (2003). Arborização melhora a fertilidade do solo em pastagens cultivadas. Comunicado técnico. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, p 4.
12. CORREA, A. (2004). Cat. Pl. Vasc. Panamá 1–599. Smithsonian Tropical Research Institute, Panamá. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Tithonia_diversifolia. [Fecha de consulta: 22 de agosto 2015].
13. CRESPO, G. (2003). Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en los sistemas silvopastoriles. En: Curso Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Modelos Alternativos. La Habana, Cuba pp 31.
14. CRIOLLO, N. (2013). Evaluación de alternativas silvopastoriles que promuevan la intensificación y recuperación de pasturas degradadas y contribuyan a reducir el impacto ambiental de la actividad ganadera en la Amazonía ecuatoriana al segundo año de establecimiento. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2806/13T0772.pdf>. [Fecha de consulta: 22 de agosto 2015].
15. DONOSO, C. (1992) Ecología forestal. Editorial Universitaria, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile, pp 30.

16. ELLIOT, P.W., KNIGHT, E. y ANDERSON, J.M. (1990). Denitrification in Earthworm cast and soil from pasture under different fertilizer and drainage regimes. *Soil Biology and Biochemistry* pp 601-605.
17. ESCOBAR, W. (2003). "Evaluación de gramíneas, Leguminosas Herbáceas y Seis localidades de la Amazonía Ecuatoriana", Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte, Ibarra – Ecuador. pp 36.
18. GLEDHILL, D. (2008), Germplasm Resources Information Network. United States Department of Agriculture. 1 de abril de 2007. Consultado el 28-10-14.
19. GONZALES, J. (2009). "Evaluación de tres sistemas silvopastoriles para la gestión Sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo". Tesis Ing. Agr. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador, pp 45-48.
20. GRIJALVA, J.(2009). "LA AGROFORESTERIA Y DESARROLLO DE LA GANADERIA EN LA AMAZONIA ECUATORIANA: Problemas, impactos y oportunidades" Reunión conjunta de Redes Producción animal y Sistemas AF&P., Sierra - Bolivia PROGRAMA NACIONAL DE FORESTERIA, pp 68-72.
21. GRIJALVA, J., LLANGARÍ, P., JARA, F. y CUASAPÁZ, M. (2004). Experimentación campesina y desarrollo de opciones silvopastoriles. Construyendo caminos para desarrollo sostenible de la tierra en la eco región andina. Boletín divulgativo INIAP/PROMSA/ESPOCH/GPC.
22. GONZALES, R., ANZÚLEZ, A y VERA, A. RIERA, L. (1997). Manual de pastos tropicales para la Amazonía Ecuatoriana. Primera edición. Ecuador. pp 7, 33, 63.
23. HANSSON, A. (2011). Differences in soil properties in adjacent stands of Scots pine, Norway spruce and silver birch in SW Sweden. *Forest Ecology and Management*. pp 262, 522–530.

24. MEDEL, H. (2014). Instituto de Ciencias Naturales. Disponible en <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/?controlador=ShowObject&accion=show&id=639482>. 2014. Pollalesta discolor. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].
25. HOYOS, F. (2014). Guía de árboles de Venezuela. Caracas: Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Monografía n° 32, 1983, pp 224-225.
26. INEC. (2001.) www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/448/9.pdf. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].
27. ILBAÑEZ, J. (2011). Las lombrices de tierra y su importancia. Disponible en <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/05/31/138374>. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].
28. INIAP. (2009), H-553 Guía breve de Híbrido de Maíz para la Zona Central del litoral. Plegable divulgativo N° 304. E. E. T. Pichilingue. Quevedo - Ecuador.
29. KATTO, C. (1995). Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) - Instituto Mayor Campesino (IMCA).
30. KOCHHANN, R. (2006). Alterações das Características Físicas, Químicas e Biológicas do Solo sob Kochhann, R.A Sistema Plantio Direto. In: I Conferência Annual de Plantio Direto. Resumos de Palestras da I Conferência Annual de Plantio Direto. Passo Fundo – RS, Brasil.
31. LOK, S. (2006). Estudio y selección de indicadores de estabilidad del sistema suelo-planta en pastizales en explotación. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. ICA, La Habana, Cuba. pp 120.
32. LOJÁN, L. (2003). Agroforestería. Sistematización de la propuesta Manejo Comunitario de los Recursos Naturales. Proyecto apoyo al Desarrollo Forestal Comunal en los Andes del Ecuador, pp 20.

33. LUNA, G. (2012). Disponible en: www.mag.go.cr/rev_meso/v20n01_091. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].
34. MARTÍN, G. (2012). PASTURAS. Una estrategia de producción para áreas ganaderas del NOA: SISTEMA SILVOPASTORIL. Disponible en: www.produccion.com.ar/1999/99abr_18.htm. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].
35. MONTAGNINI, F. (1992). Sistemas agroflorestales: principios y aplicaciones en los tropicos, 2a ed. San Jose, CR. Organización para Estudios Tropicales. pp 622.
36. NAVARRO, F. y RODRÍGUEZ, E. (1990). Estudio de algunos aspectos bromatológicos del mirasol *Tithonia diversifolia*; Hemsl y Gray como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima. pp 34, 71, 80.
37. NIETO, C. y CAICEDO, C. (2012). Análisis reflexivo sobre el Desarrollo Agropecuario Sostenible en la Amazonia Ecuatoriana. INIAP – EECA. Publicación Miscelánea N° 405. Joya de los Sachas, Ecuador, pp 102.
38. NIETO, C., RAMOS, R. y GALARZA, J. (2005). Sistemas agroforestales aplicables en la Sierra Ecuatoriana, resultados de una década de experiencias de campo. INIAP-PROMSA. Editorial NUEVA JERUSALEN. Quito – Ecuador. Boletín técnico N° 122, pp 32-36, 195.
39. NORIEGA, H., GÓMEZ, N., CRUZALEY, R., GONZÁLEZ, R., DOMÍNGUEZ, M., ARIZA, R., GUTIÉRREZ, A., GONZÁLEZ, M., ALARCÓN, N., GARRIDO, E., LEYVA, A., MARTÍNEZ, U. y MANJARREZ, M. (2010). La Producción de maíz de temporal en Guerrero. Libro Técnico N°_. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala, Iguala, Guerrero, México. pp 131.
40. PERRONE, G., CAVIGLIA, J., PÉREZ, A., GONZÁLEZ, G. (2011). Prueba comparativa de tolerancia al almidón de los granos de avena, cebada y maíz en el equino, comparativa-de-tolerancia-al-

almidon-de-los-granos-de-avena-cebada-y-maiz-en-el-equino/, [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].

41. PEZO, D. e IBRAHIM, M. (1999). Sistemas silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. In: Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales. 1er. Foro Internacional. FIRA/Banco de México. Veracruz. México, pp 35.
42. PEZO, D. (2002). "Sistemas silvopastoriles", Colección módulos de enseñanza Agroforestal. Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ. 3da. Edición. Turrialba. Costa Rica., pp 5, 15, 99, 113, 143, 145, 170, 195, 227, 239.
43. PIERELA, M. (2005). Manual de ganado de doble propósito. Valor nutritivo de los pastos tropicales. Pp 178-213, disponible en http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/libros_online/manual-ganaderia/seccion3/articulo6-s3.pdf. [Fecha de consulta: 23 de abril 2015].
44. PORTA, J., LÓPEZ, M. y ROQUERO, C. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3da edición. Editorial Mundi-prensa. España, pp 165.
45. POPE, K. (2010). Origin and environmental setting of ancient agriculture in the lowlands of Mesoamerica. Science, Volumen 292, pp 1370–1373.
46. QUIMINET, A. (2009). Determinación de cenizas en los alimentos. Disponible en <http://www.quiminet.com/articulos/determinacion-de-cenizas-en-alimentos-41328.htm>. Consultado el 12 de agosto del 2015.
47. RAMOS, R. (2003). Tomas de muestra de suelo con cilindro conocido como forsythe
48. RAMOS, R., NIETO, C. y GALARZA, J. (2005). "Sistemas agroforestales aplicables en la Sierra Ecuatoriana, resultados de una década de experiencias de campo". Boletín técnico No 122. INIAP/PROMSA. Quito-Ecuador, editorial Nueva Jerusalén, pp195.
49. RAO, K. (2014). "Fleminone, a flavanone from stems of Flemingia

- macrophylla". *Phytochemistry* 22: 2287–2290. doi:10.1016/S0031-9422(00)80163-6. Disponible en https://en.wikipedia.org/wiki/Flemingia_macrophylla. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].
50. REVISTA NATURALISTA. 2014. Disponible en <http://conabio.inaturalist.org/taxa/288653-Pollalesta-discolor>. 2014. Naturalista, Pollalesta discolor. [Fecha de consulta: 15 de julio de 2014].
51. RÍOS, C. (2002). Árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061024152517_Arboles%20y%20arbustos%20%20forrajeros%20alimentacion%20animal.pdf. [Fecha de consulta: 23 de mayo 2015].
52. RODRÍGUEZ, E. (1990). Mirasol (*Tithonia diversifolia*; Hemsl y Gray) posible alternativa forrajera no convencional para la alimentación animal en el trópico. pp 16.
53. ROJAS, C. (2010). Impacto ambiental. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos13/impac/impac>. [Fecha de consulta: 23 de mayo 2015].
54. ROSALES, M. (1992). Nutritional value of colombian fodder trees. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria and Natural Resources Institute United Kingdom. pp 50.
55. ROSALES, R. (2012). Avances en la investigación en la variación del valor Nutricional de procedencias de *Tithonia diversifolia*. Disponible en: <http://www.fao.org/AG/AGa/AGAP/FRG/AGROFOR1/Rios14.TXT>. [Fecha de consulta: 23 de mayo 2015].
56. RUBIO, (2010). La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>. [Fecha de consulta: 12

de noviembre 2015].

57. SÁNCHEZ, R. (2012). Valor nutricional de los alimentos. Disponible en <http://escuchatucuerpo.xocs.es/2012/01/el-valor-nutricional-de-los-alimentos/>. [Fecha de consulta: 12 de noviembre 2015].
58. SHEPHERD, G. (2000). Visual soil assessment, Vol 1; Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. Horizon and Landrace Research. Palmerton. pp 84.
59. SCHULDT, M. (2008). Manual de lombricultura. Disponible en <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/16856.html>. [Fecha de consulta: 23 de mayo 2015].
60. WANJAU, S. (1998). Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. LEISA. pp 25.
61. WOOD, C. y PORRO, R. (2002). Deforestation and Land Use in the Amazon. Gainesville. University Press of Florida. pp 385.
62. WILKES, G. (2004). Corn, Strange and Marvelous: But Is a Definitive Origin Known?. In: Corn: Origin, History, Technology, and Production, C. Wayne Smith (ed), Wiley & Sons, Inc. pp 3 - 63.
63. RÍOS, S. (2005). Importancia de las lombrices en la agricultura. Universidad Centro occidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agron. Guanare, Portuguesa. pp 47-52.

ANEXOS

Anexo 1. Componente forestal, crecimiento en 180 días de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento forestal en 180 días	15	0,97	0,94	13,41

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	6704,23	14			
Tratamiento	6458,57	4	1614,64	57,61	<0,0001
Repetición	21,43	2	10,72	0,38	0,6941
Error	224,23	8	28,03		

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0,00	80,67	3	3,06	A
T2,00	32,5	3	3,06	B
T3,00	31,33	3	3,06	B
T1,00	26,67	3	3,06	B
T4,00	26,17	3	3,06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 2. Componente forestal, engrosamiento del fuste en 180 días de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Engrosamiento (fuste) forestal	15	0,78	0,61	10,21

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	33,35	14			
Tratamiento	25,81	4	6,45	7,01	0,01
Repetición	0,18	2	0,09	0,1	0,9104
Error	7,37	8	0,92		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGUÍN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0,00	11,83	3	0,55	A
T4,00	9,67	3	0,55	AB
T3,00	8,83	3	0,55	B
T1,00	8,42	3	0,55	B
T2,00	8,25	3	0,55	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 3. Componente de ciclo corto, rendimiento de maíz de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento Kg ha ⁻¹	15	0,91	0,84	17,59

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	549900,8	14			
Tratamiento	499347,5	4	124836,9	19,95	0,0003
Repetición	502,77	2	251,39	0,04	0,9608
Error	50050,52	8	6256,32		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3,00	689,1	3	45,67	A
T4,00	638,74	3	45,67	A
T1,00	376,88	3	45,67	B
T0,00	319,92	3	45,67	B
T2,00	223,31	3	45,67	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4. Componente suelo, compactación final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Compactación final kgf cm ⁻²	15	0,7	0,48	5,08

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	64,02	14			
Tratamiento	41,61	4	10,4	4,33	0,0372
Repetición	3,21	2	1,61	0,67	0,5386
Error	19,2	8	2,4		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T0,00	32,92	3	0,89 A
T2,00	31,67	3	0,89 A
T3,00	30,69	3	0,89 A
T1,00	28,75	3	0,89 A
T4,00	28,61	3	0,89 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 5. Componente suelo, densidad aparente de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad gr cc ⁻¹ final	15	0,34	0	6,15

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	0,01	14			
Tratamiento	2,90E-03	4	7,20E-04	0,69	0,6197
Repetición	1,40E-03	2	7,20E-04	0,69	0,5283
Error	0,01	8	1,00E-03		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1,00	0,55	3	0,02 A
T4,00	0,53	3	0,02 A
T2,00	0,53	3	0,02 A
T3,00	0,51	3	0,02 A
T0,00	0,51	3	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 6. Componente suelo, biomasa de lombrices final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa de lombrices final	15	0,9	0,83	15,64

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	19,57	14			
Tratamiento	17,52	4	4,38	18,36	0,0004
Repetición	0,14	2	0,07	0,3	0,7483
Error	1,91	8	0,24		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4,00	4,73	3	0,28	A
T3,00	3,71	3	0,28	AB
T2,00	3,32	3	0,28	BC
T1,00	2,07	3	0,28	CD
T0,00	1,79	3	0,28	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 7. Componente suelo, número de lombrices final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
# Lombrices final	15	0,93	0,88	10,89

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	48,7	14			
Tratamiento	45,08	4	11,27	26,33	0,0001
Repetición	0,19	2	0,1	0,22	0,804
Error	3,42	8	0,43		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4,00	8,12	3	0,38	A
T3,00	7,53	3	0,38	A
T2,00	6,4	3	0,38	A
T0,00	4,13	3	0,38	B
T1,00	3,87	3	0,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 8. Componente suelo, contenido de nitrógeno de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nitrógeno (ppm) final	15	0,45	0,04	12,52

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	955,33	14			
Tratamiento	377,33	4	94,33	1,44	0,3057
Repetición	53,73	2	26,87	0,41	0,6769
Error	524,27	8	65,53		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T0,00	70,33	3	4,67 A
T2,00	68,67	3	4,67 A
T3,00	67,00	3	4,67 A
T4,00	59,00	3	4,67 A
T1,00	58,33	3	4,67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 9. Componente suelo, contenido de fósforo, de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fósforo (ppm) final	15	0,91	0,84	7,2

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	33,28	14			
Tratamiento	1,03	4	0,26	0,67	0,6283
Repetición	29,19	2	14,59	38,19	0,0001
Error	3,06	8	0,38		

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T1,00	8,87	3	0,36	A
T2,00	8,77	3	0,36	A
T3,00	8,73	3	0,36	A
T4,00	8,4	3	0,36	A
T0,00	8,17	3	0,36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 10. Componente suelo, contenido de potasio de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Potasio (meq 100ml ⁻¹) final	15	0,5	0,13	13,61

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	0,01	14			
Tratamiento	2,20E-03	4	5,40E-04	0,99	0,4649
Repetición	2,30E-03	2	1,10E-03	2,08	0,1875
Error	4,40E-03	8	5,50E-04		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGUN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T1,00	0,19	3	0,01	A
T0,00	0,17	3	0,01	A
T4,00	0,17	3	0,01	A
T2,00	0,17	3	0,01	A
T3,00	0,16	3	0,01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 11. Componente suelo, pH final de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH final	15	0,31	0	3,35

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	0,29	14			
Tratamiento	0,09	4	0,02	0,91	0,5031
Repetición	4,90E-04	2	2,50E-04	0,01	0,9902
Error	0,2	8	0,02		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T1,00	4,83	3	0,09 A
T2,00	4,74	3	0,09 A
T3,00	4,73	3	0,09 A
T0,00	4,63	3	0,09 A
T4,00	4,62	3	0,09 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 12. Componente suelo, contenido de materia orgánica de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia orgánica % final	15	0,15	0	6,17

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	10,66	14			
Tratamiento	1,04	4	0,26	0,23	0,9152
Repetición	0,52	2	0,26	0,23	0,8016
Error	9,1	8	1,14		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGUN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T0,00	17,63	3	0,62	A
T4,00	17,53	3	0,62	A
T1,00	17,27	3	0,62	A
T3,00	17,00	3	0,62	A
T2,00	17,00	3	0,62	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 13 Componente leguminoso leñoso, crecimiento a los 180 días de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crecimiento en 180 días	9	0,95	0,91	11,84

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	22869,82	8			
Tratamiento	21578,58	2	10789,29	40,84	0,0022
Repetición	234,6	2	117,3	0,44	0,6696
Error	1056,64	4	264,16		

SEPARACIÓN SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2,00	189,67	3	9,38	A
T3,00	150,42	3	9,38	A
T4,00	71,89	3	9,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 14. Componente leguminoso leñoso, biomasa de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biomasa Ms Ha ⁻¹	9	0,99	0,98	5,82

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	23,06	8			
Tratamiento	22,79	2	11,4	209,84	0,0001
Repetición	0,05	2	0,02	0,43	0,6747
Error	0,22	4	0,05		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2,00	5,78	3	0,13 A
T3,00	4,31	3	0,13 B
T4,00	1,92	3	0,13 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 15. Componente leguminoso leñoso, contenido de materia seca de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia Seca %	9	0,88	0,75	8,5

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	12,64	8			
Tratamiento	10,95	2	5,48	14,06	0,0155
Repetición	0,13	2	0,07	0,17	0,8498
Error	1,56	4	0,39		

SEPARACION DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2,00	8,74	3	0,36	A
T4,00	7,25	3	0,36	AB
T3,00	6,04	3	0,36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 16. Componente leguminoso leñoso, contenido de proteína cruda de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína cruda %	9	0,92	0,84	7,01

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	165,17	8			
Tratamiento	151,87	2	75,94	22,93	0,0064
Repetición	0,05	2	0,03	0,01	0,9925
Error	13,25	4	3,31		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2,00	31,16	3	1,05	A
T4,00	25,65	3	1,05	B
T3,00	21,11	3	1,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 17. Componente leguminoso leñoso, contenido de fibra cruda de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fibra cruda %	9	0,98	0,95	7,98

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	644,51	8			
Tratamiento	617,45	2	308,72	80,99	0,0006
Repetición	11,82	2	5,91	1,55	0,3174
Error	15,25	4	3,81		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4,00	30,49	3	1,13	A
T3,00	30,16	3	1,13	A
T2,00	12,76	3	1,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 18. Componente leguminoso leñoso, contenido de extracto etéreo de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Extracto etéreo %	9	0,89	0,78	2,52

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	0,06	8			
Tratamiento	0,03	2	0,01	8,57	0,0358
Repetición	0,02	2	0,01	7,3	0,0463
Error	0,01	4	1,60E-03		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T4,00	1,64	3	0,02	A
T2,00	1,57	3	0,02	AB
T3,00	1,51	3	0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 19. Componente leguminoso leñoso, contenido de elementos libres de nitrógeno de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
E.L.N	9	0,24	0	18,75

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	301,69	8			
Tratamiento	17,23	2	8,62	0,15	0,8654
Repetición	54,51	2	27,25	0,47	0,6535
Error	229,95	4	57,49		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T3,00	42	3	4,38	A
T4,00	40,65	3	4,38	A
T2,00	38,63	3	4,38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 20. Componente leguminoso leñoso, contenido de cenizas de los sistemas silvopastoriles en el sector de Palora, INIAP.

VARIABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas %	9	0,98	0,95	9,97

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	124,37	8			
Tratamiento	120,66	2	60,33	79,95	0,0006
Repetición	0,69	2	0,35	0,46	0,6612
Error	3,02	4	0,75		

SEPARACIÓN DE MEDIAS SEGÚN TUKEY

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	13,78	3	0,5 A
T4	7,08	3	0,5 B
T3	5,27	3	0,5 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)